

"Enseñar la explotación de la tierra, no la del hombre"

Universidad Autónoma Chapingo



Departamento de Fitotecnia
Instituto de Horticultura

**ANÁLISIS DE CRECIMIENTO Y DINÁMICA NUTRIMENTAL
DEL CHILE POBLANO
(*Capsicum annum* L. var. *Grossum sendt*),
EN CUATRO SOLUCIONES NUTRITIVAS BAJO INVERNADERO.**

TESIS

Que como requisito parcial
para obtener el grado de

MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

PRESENTA

NEREO MARTÍNEZ ANDRADE

Chapingo, México, Febrero del 2006.



Instituto de Horticultura

ANÁLISIS DE CRECIMIENTO Y DINÁMICA NUTRIMENTAL DEL CHILE POBLANO
(*Capsicum annuum* L. var. *Grossum sendt*), EN CUATRO SOLUCIONES NUTRITIVAS,
BAJO INVERNADERO.

Tesis realizada por **Nereo Martínez Andrade**, bajo la dirección del Comité Asesor indicado,
aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

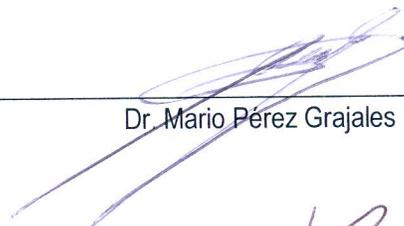
MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

DIRECTOR:



Dr. Rogelio Castro Brindis

ASESOR:



Dr. Mario Pérez Grajales

ASESOR:



Dr. Juan Enrique Rodríguez Pérez

AGRADECIMIENTOS

A **Dios** por ayudarme a mantener la fe y lograr una más de mis metas.

A mi Alma Máter, la Universidad Autónoma Chapingo, especialmente al Departamento de Fitotecnia, que a través del Instituto de Horticultura, me brindó la oportunidad de realizar la Maestría en Ciencias en Horticultura.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por la beca otorgada para la realización de mis estudios de Maestría.

Dr. Rogelio Castro Brindis, por su acertada dirección y apoyo durante el desarrollo de esta investigación, por compartir experiencias y conocimientos, así como el ser uno de mis mejores amigos.

Al Dr. Mario Pérez Grajales, por su acertada dirección y apoyo durante el desarrollo de esta investigación, por su amistad sincera.

Al Dr. Juan Enrique Rodríguez Pérez, por su acertada dirección y apoyo en la parte estadística de esta investigación, por su sincera amistad y confianza de amigo.

Por su valioso apoyo en la fase experimental, mi gratitud sincera a:

Rosalino Gasga, Rosario Jiménez, Isabel Torres, Rufina Carlos, Antelma Hernández.

Al personal de los laboratorios de Ecología y Nutrición de frutales del Departamento de Fitotecnia.

Profra. Xochitl Ortiz Hernández por su amistad y apoyo.

DEDICATORIAS

El presente trabajo es la culminación de un largo camino lleno de esfuerzos y entrega, y lo dedico especialmente a:

A mis padres

Mercedes Andrade Guzmán y Juvenal Martínez López

Con todo mi amor, a quienes debo la hermosa experiencia de existir y por inculcarme en todo momento ese gran espíritu de lucha, así como humildad y respeto.

A mis amados seres

Esposa: Ana Rodríguez Guzmán

Hijos: Karla Daniela, Eduardo y Ana Paola

Motor que día a día me impulsa hacia una superación constante, por creer en mí, su amor y paciencia.

A mis Hermanos

Yaneth, Pedro, Efraín, Guadalupe, Maribel, Erick, Francisco, Jesús y Adán

Les deseo siempre lo mejor

Al Bachillerato General Oficial “15 de Septiembre” de Totoltepec de Gro., Puebla.

A las familias: Rodríguez Guzmán y Guzmán Martínez

A mis amigos y compañeros

Eusebio Vázquez, Jorge Hernández, Leticia Quiroz, Samuel Avilés, Eduardo Pimentel, Deysi Tapia, Bertha Callejas, Melina Barrón, Emilia Orozco, J. Angélica Morales, Laura Salinas, Yadira Láscars, Ángela Hernández, Isabel Estrada, Isabel Ruíz, y muy especialmente por siempre a mi apreciado amigo Rosalino Gasga Peña.

DATOS BIOGRÁFICOS

El autor de la presente Tesis, nació en la comunidad de Tianguistengo, Municipio de Acatlán de Osorio, Puebla, el 17 de julio de 1975. Realizó sus estudios de primaria en la escuela federal “Alfonso Cruz Rivera” de su comunidad, secundaria en la Telesecundaria “Hermanos Serdán” de la comunidad La Huerta, Acatlán de O., bachillerato en el C.B.T.A. 184 de Acatlán de O. En 1993 ingresó a la Universidad Autónoma Chapingo donde realizó sus estudios profesionales, egresando en 1998 con el título de Ingeniero Agrónomo especialista en Fitotecnia. Durante 1998 y 1999 se desempeñó como asesor técnico en producción de uva de mesa para exportación, en la empresa agrícola “Grupo Rolando Castelo” en la región de Pesqueira, Hermosillo, Sonora. En el 2000 se desempeñó como asesor técnico por SAGARPA-SEDESOL-Puebla en producción de cultivos básicos y gestión de proyectos en la región de la Mixteca poblana, en ese mismo año se integró como académico de tiempo completo en el Bachillerato General Oficial “15 de septiembre” del municipio de Totoltepec de Gro., Puebla, actividad que hasta la fecha desempeña. En el 2004 ingresó a la Universidad Autónoma Chapingo, donde realizó estudios de Maestría en Ciencias en Horticultura, en el Instituto de Horticultura del Departamento de Fitotecnia de la misma universidad.

CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS E HIPÓTESIS.....	2
2.1. OBJETIVOS.....	2
2.2. HIPÓTESIS.....	3
III. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
3.1. Importancia del cultivo.....	3
3.2. Estadísticas internacionales y nacionales de Chile poblano y/o ancho.....	3
3.2.1. Superficie sembrada y producción.....	3
3.3. Fertilización.....	5
3.4. El crecimiento vegetal.....	5
3.4.1. Comportamiento del crecimiento vegetal.....	6
3.4.2. Metodología para el estudio del crecimiento vegetal.....	7
3.4.3. Análisis de crecimiento y sus parámetros.....	8
3.4.3.1. Tasa absoluta de crecimiento (TAC)	9
3.4.3.2. Tasa relativa de crecimiento (TRC).....	10
3.4.3.3. Tasa de asimilación neta (TAN)	10
3.4.3.4. Razón de área foliar (RAF).....	11
3.5. Nutrición mineral.....	11
3.5.1. Elementos minerales esenciales y sus funciones.....	11
3.5.2. Importancia de los elementos minerales.....	13
3.5.3. Suministro de nutrimentos.....	13
3.5.4. Extracción de nutrimentos por el cultivo de Chile.....	14
3.6. Fertirrigación en el cultivo de Chile.....	14
3.7. Solución nutritiva de Steiner.....	15
3.8. Análisis de la parte aérea de la planta.....	17
3.8.1. Análisis secuencial.....	17
3.8.2. Análisis al final del ciclo de crecimiento del cultivo.....	17
3.8.3. Análisis foliar.....	18
3.8.4. Análisis foliar en cultivo de Chile.....	18
IV. MATERIALES Y MÉTODOS.....	20
4.1. Localización del experimento.....	20

4.2. Factores de estudio.....	20
4.3. Unidad y diseño experimental.....	21
4.4. Caracteres evaluados.....	21
4.5. Análisis estadístico.....	22
4.6. Análisis de crecimiento.....	22
4.7. Manejo experimental.....	23
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	26
5.1. ANÁLISIS DE CRECIMIENTO.....	26
5.1.1. Etapas fenológicas.....	26
5.1.2. Altura de planta, diámetro y número de bifurcaciones del tallo principal.....	26
5.1.3. Número de hojas y área foliar.....	30
5.1.4. Rendimiento y calidad de fruto.....	32
5.1.4.1. Número, peso de fruto por planta e índice de cosecha.....	32
5.1.4.2. Longitud y volumen de fruto.....	35
5.1.5. Distribución de la biomasa aérea.....	37
5.1.5.1. Distribución de la materia seca por tratamiento.....	37
5.1.5.2. Distribución de la materia seca por órgano.....	40
5.1.6. Tasas de crecimiento del cultivo.....	43
5.1.6.1. Tasa absoluta de crecimiento (TAC).....	43
5.1.6.2. Tasa relativa de crecimiento (TRC).....	44
5.1.6.3. Tasa de asimilación neta (TAN)	45
5.1.6.4. Razón de área foliar (RAF).....	46
5.1.7. Correlaciones.....	46
5.2. DINÁMICA NUTRIMENTAL.....	48
5.2.1. Nitrógeno.....	52
5.2.2. Fósforo.....	55
5.2.3. Potasio.....	58
5.2.4. Calcio.....	61
5.2.5. Magnesio.....	64
VI. CONCLUSIONES.....	68
VII. RECOMENDACIONES.....	70
VIII. LITERATURA CITADA.....	71
IX. Anexo.....	77

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO 1. Superficie sembrada de chile poblano y/o ancho por los principales estados productores.....	4
CUADRO 2. Niveles de referencia de contenido nutrimental en hojas para cultivo de chile.....	14
CUADRO 3. Fórmula de la solución nutritiva de Steiner.....	16
CUADRO 4. Solución nutritiva para propósitos de investigación.....	16
CUADRO 5. Límites de las concentraciones de micronutrientes en la solución nutritiva de Steiner.....	17
CUADRO 6. Niveles de macro y micro elementos en follaje de chile (<i>Capsicum annuum</i> L.).....	19
CUADRO 7. Cantidad de fertilizante para preparar 600 L de solución nutritiva de Steiner, durante el ciclo de cultivo de chile poblano var. Caballero. Chapingo, México. 2005.....	21
CUADRO 8. Cosecha de chile poblano var. Caballero, en cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner. Chapingo, México. 2005.....	25
CUADRO 9. Parámetros de calidad en fruto de chile poblano.....	25
CUADRO 10. Descripción de las etapas fenológicas, clave correspondiente y días después del transplante (ddt), del cultivo de chile poblano var. Caballero. Chapingo, México. 2005.....	26
CUADRO 11. Modelos matemáticos con los que se estimaron los datos de altura de planta, diámetro y número de bifurcaciones del tallo principal, durante el ciclo del cultivo de chile poblano var. Caballero, en cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner. Chapingo, México. 2005.....	27
CUADRO 12. Comparación de medias de altura de planta, diámetro de tallo y número de bifurcaciones del tallo principal, durante el ciclo del cultivo de chile poblano var. Caballero, en cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner. Chapingo, México. 2005.....	28
CUADRO 13. Modelos matemáticos con los que se estimaron los datos de número de hojas y área foliar por planta, durante el ciclo del cultivo de chile poblano var. Caballero, en cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner. Chapingo, México. 2005.....	30
CUADRO 14. Comparación de medias del número de hojas y área foliar por planta, durante el ciclo del cultivo de chile poblano var. Caballero, en cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner. Chapingo, México. 2005.....	31
CUADRO 15. Comparación de medias por calidad, número de frutos total por planta, e índice de cosecha en chile poblano var. Caballero, en cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner. Chapingo, México. 2005.....	33
CUADRO 16. Comportamiento de los tratamientos evaluados en peso promedio y peso fresco total de fruto por planta, en cinco cortes de fruto de chile poblano var. Caballero, en cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner. Chapingo, México. 2005.....	34
CUADRO 17. Expresión de los tratamientos evaluados en longitud y volumen de fruto, durante el ciclo del cultivo de chile poblano var. Caballero, en cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner. Chapingo, México. 2005.....	36
CUADRO 18. Modelos matemáticos con los que se estimaron los datos de peso seco de hoja, tallo, fruto y total, durante el ciclo del cultivo de chile poblano var. Caballero, en cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner. Chapingo, México. 2005.....	37

CUADRO 19. Comparación de medias de la acumulación de materia seca en hoja, tallo, fruto y total por planta y por tratamiento, durante el ciclo del cultivo de chile poblano var. Caballero, en cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner. Chapingo, México. 2005.....	38
CUADRO 20. Distribución relativa de la materia seca total por órgano a los 60 y 135 días después del transplante, durante el ciclo del cultivo de chile poblano var. Caballero, en cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner. Chapingo, México. 2005.....	40
CUADRO 21. Modelos matemáticos con los que se estimaron los datos de contenido de Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Calcio y Magnesio, durante el ciclo de cultivo de chile poblano var. Caballero, en cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner. Chapingo, México. 2005.....	48
CUADRO 22. Modelos matemáticos con los que se estimaron los datos de extracción de Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Calcio y Magnesio, durante el ciclo de cultivo de chile poblano var. Caballero, en cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner. Chapingo, México. 2005.....	49
CUADRO 23. Cantidad requerida de nutrimento por planta en cada tratamiento, para producir una tonelada de fruto, en el cultivo de chile poblano var. Caballero. Chapingo, México. 2005	51
CUADRO 24. Comparación de medias del contenido y extracción de N en la planta, durante el ciclo del cultivo de chile poblano var. Caballero, en cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner. Chapingo, México. 2005.....	53
CUADRO 25. Comparación de medias del contenido y extracción de P en la planta, durante el ciclo del cultivo de chile poblano var. Caballero, en cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner. Chapingo, México. 2005.....	56
CUADRO 26. Comparación de medias del contenido y extracción de K en la planta, durante el ciclo del cultivo de chile poblano var. Caballero, en cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner. Chapingo, México. 2005.....	59
CUADRO 27. Comparación de medias del contenido y extracción de Ca en la planta, durante el ciclo del cultivo de chile poblano var. Caballero, en cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner. Chapingo, México. 2005.....	62
CUADRO 28. Comparación de medias del contenido y extracción de Mg en la planta, durante el ciclo del cultivo de chile poblano var. Caballero, en cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner. Chapingo, México. 2005.....	65
CUADRO 29. Cantidad necesaria de nutrimentos para producir una tonelada de frutos de chile poblano var. Caballero durante su ciclo de cultivo. Chapingo, México. 2005.....	67
CUADRO 1A. Análisis de varianza para altura de planta, diámetro de tallo y número de bifurcaciones del tallo principal en plantas de chile poblano var. Caballero, en cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner. Chapingo, México. 2005.....	77
CUADRO 2A. Análisis de varianza para número de hojas y área foliar en plantas de chile poblano var. Caballero, en cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner. Chapingo, México. 2005.....	78
CUADRO 3A. Análisis de varianza por calidad, número de frutos total por planta e índice de cosecha, en el cultivo de chile poblano var. Caballero, en cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner. Chapingo, México. 2005.....	79

CUADRO 4A. Análisis de varianza para peso promedio y peso fresco total de fruto, en plantas de chile poblano var. Caballero, en cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner. Chapingo, México. 2005.....	79
CUADRO 5A. Análisis de varianza para longitud, volumen y ancho de fruto en plantas de chile poblano var. Caballero, en cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner. Chapingo, México. 2005.....	80
CUADRO 6A. Comportamiento de los tratamientos evaluados en ancho de fruto (cm), en plantas de chile poblano var. Caballero, en cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner. Chapingo, México. 2005.....	80
CUADRO 7A. Análisis de Correlación en los tratamientos 1 y 2 para los caracteres evaluados en plantas de chile poblano var. Caballero, en cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner. Chapingo, México. 2005.....	81
CUADRO 8A. Análisis de Correlación en los tratamientos 3 y 4 para los caracteres evaluados, en plantas de chile poblano var. Caballero, en cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner. Chapingo, México. 2005.....	81
CUADRO 9A. Análisis de varianza de peso seco de hoja, tallo, fruto y total en plantas de chile poblano var. Caballero, en cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner. Chapingo, México. 2005.....	82
CUADRO 10A. Análisis de varianza del contenido y extracción de N y P en plantas de chile poblano var. Caballero, en cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner. Chapingo, México. 2005.....	83
CUADRO 11A. Análisis de varianza del contenido y extracción de K y Ca en plantas de chile poblano var. Caballero, en cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner. Chapingo, México. 2005.....	84
CUADRO 12A. Análisis de varianza del contenido y extracción de Mg, en plantas de chile poblano var. Caballero, en cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner. Chapingo, México. 2005.....	85

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. Comportamiento de las variables morfológicas a) altura de planta, b) diámetro de tallo y c) número de bifurcaciones del tallo principal durante el ciclo de cultivo de chile poblano var. Caballero, en cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner. A: Bifurcación del tallo principal; B: Floración; C: Amarre y crecimiento de fruto; D1, D2, D3, D4, D5: 1°, 2°, 3°, 4°, y 5° corte respectivamente; T1=50 %; T2=75 %; T3=100 %; T4=125 %. Chapingo, México. 2005.....	29
FIGURA 2. Comportamiento de las variables morfológicas, a) número de hojas y b) área foliar, durante el ciclo de cultivo de chile poblano var. Caballero, en cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner. A: Bifurcación del tallo principal; B: Floración; C: Amarre y crecimiento de fruto; D1, D2, D3, D4, D5: 1°, 2°, 3°, 4°, y 5° corte respectivamente; T1=50 %; T2=75 %; T3=100 %; T4=125 %. Chapingo, México. 2005.....	32
FIGURA 3. Comportamiento del rendimiento en el cultivo de chile poblano var. Caballero, en cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner. A: Bifurcación del tallo principal; B: Floración; C: Amarre y crecimiento de fruto; D1, D2, D3, D4, D5: 1°, 2°, 3°, 4°, y 5° corte respectivamente; T1=50 %; T2=75 %; T3=100 %; T4=125 %. Chapingo, México. 2005.....	35
FIGURA 4. Acumulación de la materia seca total en: a) Hoja, b) Tallo, c) Fruto y d) Total, durante el ciclo del cultivo de chile poblano var. Caballero, en cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner. A: Bifurcación del tallo principal; B: Floración; C: Amarre y crecimiento de fruto; D1, D2, D3, D4, D5: 1°, 2°, 3°, 4°, y 5° corte respectivamente; T1=50 %; T2=75 %; T3=100 %; T4=125 %. Chapingo, México. 2005.....	39
FIGURA 5. Acumulación y distribución relativa de la materia seca total por órgano a), a')=T1; b), b')=T2; PSF=Peso seco fruto; PSH=Peso seco hoja; PST=Peso seco tallo, durante el ciclo del cultivo de chile poblano var. Caballero, en cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner. A: Bifurcación del tallo principal; B: Floración; C: Amarre y crecimiento de fruto; D1, D2, D3, D4, D5: 1°, 2°, 3°, 4°, y 5° corte respectivamente. Chapingo, México. 2005.....	41
FIGURA 6. Acumulación y distribución relativa de la materia seca total por órgano c), c')=T3; d), d')=T4. PSF=Peso seco fruto, PSH=Peso seco hoja, PST=Peso seco tallo, durante el ciclo del cultivo de chile poblano var. Caballero, en cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner. A: Bifurcación del tallo principal; B: Floración; C: Amarre y crecimiento de fruto; D1, D2, D3, D4, D5: 1°, 2°, 3°, 4°, y 5° corte respectivamente. Chapingo, México. 2005.....	42
FIGURA 7. a) Tasa absoluta de crecimiento (TAC), b) Tasa relativa de crecimiento (TRC), c) Tasa de asimilación neta (TAN) y d) Razón de área foliar (RAF), durante el ciclo del cultivo de chile poblano var. Caballero, en cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner. A: Bifurcación del tallo principal; B: Floración; C: Amarre y crecimiento de fruto; D1, D2, D3, D4, D5: 1°, 2°, 3°, 4°, y 5° corte respectivamente; T1:50 %; T2:75 %; T3:100 %; T4:125 %. Chapingo, México. 2005.....	47
FIGURA 8. a) Contenido y b) Extracción de N, durante el ciclo del cultivo de chile poblano var. Caballero, en cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner. A: Bifurcación del tallo principal; B: Floración; C: Amarre y crecimiento de fruto; D1, D2, D3, D4, D5: 1°, 2°, 3°, 4°, y 5° corte respectivamente; T1:50 %; T2:75 %; T3:100 %; T4:125 %. Chapingo, México. 2005.....	54

FIGURA 9. a) Contenido y b) Extracción de P, durante el ciclo del cultivo de chile poblano var. Caballero, en cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner. A:Bifurcación del tallo principal; B:Floración; C:Amarre y crecimiento de fruto; D1, D2, D3, D4, D5: 1°, 2°, 3°, 4°, y 5° corte respectivamente; T1:50 %; T2:75 %; T3:100 %; T4:125 %. Chapingo, México. 2005.....	57
FIGURA 10. a) Contenido y b) Extracción de K, durante el ciclo del cultivo de chile poblano var. Caballero, en cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner. A:Bifurcación del tallo principal; B:Floración; C:Amarre y crecimiento de fruto; D1, D2, D3, D4, D5: 1°, 2°, 3°, 4°, y 5° corte respectivamente; T1:50 %; T2:75 %; T3:100 %; T4:125 %. Chapingo, México. 2005.....	60
FIGURA 11. a) Contenido y b) Extracción de Ca, durante el ciclo del cultivo de chile poblano var. Caballero, en cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner. A:Bifurcación del tallo principal; B:Floración; C:Amarre y crecimiento de fruto; D1, D2, D3, D4, D5: 1°, 2°, 3°, 4°, y 5° corte respectivamente; T1:50 %; T2:75 %; T3:100 %; T4:125 %. Chapingo, México. 2005.....	63
FIGURA 12. a) Contenido y b) Extracción de Mg, durante el ciclo del cultivo de chile poblano var. Caballero, en cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner. A:Bifurcación del tallo principal; B:Floración; C:Amarre y crecimiento de fruto; D1, D2, D3, D4, D5: 1°, 2°, 3°, 4°, y 5° corte respectivamente; T1:50 %; T2:75 %; T3:100 %; T4:125 %. Chapingo, México. 2005.....	66
FIGURA 1A. Contenido de nitrógeno en a) 50 %, b) 75 %, c) 100 %, y d) 125 % de concentración de la solución nutritiva de Steiner, durante el ciclo del cultivo de chile poblano var. Caballero. Chapingo, México. 2005.....	86
FIGURA 2A. Contenido de fósforo en a) 50 %, b) 75 %, c) 100 %, y d) 125 % de concentración de la solución nutritiva de Steiner, durante el ciclo del cultivo de chile poblano var. Caballero. Chapingo, México. 2005.....	87
FIGURA 3A. Contenido de potasio en a) 50 %, b) 75 %, c) 100 %, y d) 125 % de concentración de la solución nutritiva de Steiner, durante el ciclo del cultivo de chile poblano var. Caballero. Chapingo, México. 2005.....	88
FIGURA 4A. Contenido de calcio en a) 50 %, b) 75 %, c) 100 %, y d) 125 % de concentración de la solución nutritiva de Steiner, durante el ciclo del cultivo de chile poblano var. Caballero. Chapingo, México. 2005.....	89
FIGURA 5A. Contenido de magnesio en a) 50 %, b) 75 %, c) 100 %, y d) 125 % de concentración de la solución nutritiva de Steiner, durante el ciclo del cultivo de chile poblano var. Caballero. Chapingo, México. 2005.....	90

ANÁLISIS DE CRECIMIENTO Y DINÁMICA NUTRIMENTAL DEL CHILE POBLANO
(*Capsicum annuum* L. var. *Grossum sendt*), EN CUATRO SOLUCIONES NUTRITIVAS,
BAJO INVERNADERO.

N. Martínez-Andrade¹; R. Castro-Brindis²; M. Pérez-Grajales²; J. E. Rodríguez-Pérez²

RESUMEN

Se obtuvieron las tasas de crecimiento del cultivo, así como el contenido de N, P, K, Ca y Mg durante las fases de bifurcación del tallo principal, floración, amarre y crecimiento de fruto y madurez comercial, en cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner (50, 75, 100 y 125 %), se determinaron las tasas de crecimiento y la extracción de nutrimentos. Con la solución nutritiva al 125 %, se obtuvo la mayor Tasa Absoluta de Crecimiento ($6.74 \text{ g}\cdot\text{día}^{-1}$), Tasa Relativa de Crecimiento ($0.0144 \text{ g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{día}$), Tasa de Asimilación Neta ($2.1174 \text{ mg}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{día}^{-1}$), Razón de Área Foliar ($71.3384 \text{ cm}^2\cdot\text{g}^{-1}$) e índice de cosecha (0.62). La extracción nutrimental en cada fase de desarrollo fue: 0.007 a 0.02, 0.45, 0.51 a 0.68, 2.74 a 8.90 $\text{g}\cdot\text{planta}^{-1}$ de N; 0.0004 a 0.003, 0.07, 0.1 a 0.11, 0.46 a 1.15 $\text{g}\cdot\text{planta}^{-1}$ de P; 0.008 a 0.01, 0.47, 0.43 a 0.71, 2.74 a 9.56 $\text{g}\cdot\text{planta}^{-1}$ de K; 0.002 a 0.006, 0.16, 0.21 a 0.29, 1.04 a 5.13 $\text{g}\cdot\text{planta}^{-1}$ de Ca; 0.004, 0.08, 0.09 a 0.14, 0.44 a 1.74 $\text{g}\cdot\text{planta}^{-1}$ de Mg, respectivamente; y las cantidades requeridas de N, P, K, Ca y Mg para producir una tonelada de frutos fueron: 3.7, 0.5, 4.0, 2.1 y 0.7 kg, respectivamente.

Palabras clave: Tasas de crecimiento, nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio.

¹Estudiante de la Maestría en Horticultura, Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo. México.

²Profesor investigador, Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo. C.P. 56230. Chapingo, México.

ABSTRACT

NEREO MARTÍNEZ. ANDRADE

AN ANALYSIS OF POBLANO HOT PEPPER (*Capsicum annuum* L. var. *Grossum sendt*) GROWTH UNDER GREENHOUSE CONDITIONS, USING FOUR NUTRITIVE SOLUTIONS

Under the direction of Castro-Brindis, R.

The growth rate of poblano hot pepper (*Capsicum annuum* L. var. *Grossum sendt*) plants, under greenhouse conditions, was obtained as well as the content of N, P, K, Ca and Mg during the bifurcation phase of the main stem, flowering, mooring and fruit growth, and commercial ripeness, using four concentrations of Steiner nutritive solution (50 %, 75 %, 100 %, and 125 %). The growth rate and the extraction of nutrients were determined. The nutritive solution at 125% gave a larger absolute growth rate ($6.74 \text{ g} \cdot \text{day}^{-1}$), relative growth rate ($0.0144 \text{ g} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$), net assimilation rate ($2.1174 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{day}^{-1}$), foliar area relation ($71,3384 \text{ cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$) and harvest index (0.62). The nutrimental extraction during each one of the phases of development was: for N, from 0.007 to 0.02 during bifurcation, 0.45 during flowering, from 0.51 to 0.68 during mooring and fruit growth, and from 2.74 to 8.90 $\text{g} \cdot \text{plant}^{-1}$ during commercial ripeness; for P, from 0.0004 to 0.003 during bifurcation, 0.07 during flowering, from 0.1 to 0.11 during mooring and fruit growth, and from 0.46 to 1.15 $\text{g} \cdot \text{plant}^{-1}$ during commercial ripeness; for K, from 0.008 to 0.01 during bifurcation, 0.47 during flowering, 0.43 to 0.71 during mooring and fruit growth, and from 2.74 to 9.56 $\text{g} \cdot \text{plant}^{-1}$ during commercial ripeness; for Ca, from 0.002 to 0.006 during bifurcation, 0.16 during flowering, from 0.21 to 0.29 during mooring and fruit growth, and from 1.04 to 5.13 $\text{g} \cdot \text{plant}^{-1}$ during commercial ripeness; and for Mg, 0.004 during bifurcation, 0.08 during flowering, from 0.09 to 0.14 during mooring and fruit growth, and from 0.44 to 1.74 $\text{g} \cdot \text{plant}^{-1}$ during commercial ripeness, respectively. The quantities of N, P, K, Ca and Mg needed to produce a ton of fruit were: 3.7, 0.5, 4.0, 2.1 and 0.7 kg, respectively.

Key words: Growth rate, nitrogen, potassium, calcium, magnesium.

I. INTRODUCCIÓN

En México, la olericultura se ha consolidado como la actividad agrícola que representa cada vez mayor rentabilidad, como ejemplo de ello se tiene al cultivo de hortalizas como el chile, tomate verde y jitomate.

El cultivo del chile poblano y/o ancho, se ha incrementado considerablemente en los últimos 8 años en México, en 1995 se cosecharon 37,201 ha y en 2003 fueron 53,001 ha, lo que representa un incremento de 43.7 %. Los principales estados productores son: Zacatecas (30,488 ha), San Luis Potosí (11,844 ha), Jalisco (1,915 ha), Durango (3,841 ha) y Guanajuato (datos no registrados) (SAGARPA, 2003). En la actualidad, de la superficie cosechada, el 40 % pertenece a los chiles Ancho (poblano en verde), Mulato, Guajillo, Pasilla y Puya, de los cuales el que más se produce es el Ancho (28 %) en sus modalidades Ancho Rojo y Ancho Mulato (Ledezma y Ruiz, 1995; SIEA, 2002).

Sin embargo, muy poca es la información que se tiene en chile poblano sobre aspectos tecnológicos de producción, que garanticen rentabilidad y sostenibilidad del cultivo. De hecho uno de los problemas más importantes en su proceso de producción es la nutrición, la cual es uno de los factores que determina la cantidad, calidad y vida poscosecha del fruto. En la mayoría de las regiones productoras de chile, el agricultor sigue manejando los fertilizantes de manera empírica lo cual, además de representar pérdida por exceso de dosis en las aplicaciones, incrementa los costos, ocasiona toxicidad al cultivo y favorece la salinidad de los suelos o sustratos. Considerando lo anterior para garantizar calidad de producto no solo es necesario un buen manejo de suelo, clima, fenología, aspecto fitosanitario, sino también del factor nutrimental. Por lo que en el presente trabajo se llevó a cabo el análisis de crecimiento del cultivo y su contenido y extracción nutrimental, manejando diferentes concentraciones de solución nutritiva con la finalidad de mejorar e impulsar la técnica de producción y aprovechar el máximo potencial productivo de este tipo de chile.

II. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

2.1. OBJETIVOS

1. Estimar la acumulación de materia seca en la biomasa aérea, así como las tasas de crecimiento en el ciclo del cultivo de chile poblano, en cuatro concentraciones de solución nutritiva.
2. Determinar el contenido y elaborar la curva de extracción de N, P, K, Ca, Mg, en el cultivo de chile poblano, en cuatro concentraciones de solución nutritiva.

2.2. HIPÓTESIS

1. La mayor acumulación de materia seca por día se tiene durante la fructificación, esto debido a que en esta etapa hay un crecimiento vegetativo y reproductivo acelerado de la planta, por lo existe una mayor demanda de N, P, K, Ca y Mg.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1. Importancia del cultivo

La importancia social del chile en México, es que históricamente ha formado parte de la base, soporte y complemento principal de nuestra dieta alimenticia, que con el maíz, frijol y tomate, son en conjunto, especies muy arraigadas a la dieta de la mayoría de la población mexicana (Ledezma y Ruiz, 1995). En el territorio nacional, cinco son los tipos más populares de chile cultivado por su demanda y área sembrada, ellos son el jalapeño, poblano, puya o guajillo, serrano y pasilla (Pozo y Ramírez, 1994). Los diversos usos que se da a los frutos, ya sea como alimento directo o procesado, han dado una gran importancia a este cultivo respaldada por su amplia distribución y uso que tiene en todo el país.

En México el chile Ancho y/o poblano sobresale como uno de los principales chiles cultivados, estableciéndose en las partes altas o en climas semicálidos como Puebla, Valle de México, Bajío, Aguascalientes, Zacatecas, San Luis Potosí, Nayarit, Durango (Ledezma y Ruiz, 1995). Se considera que en la década pasada, el chile poblano y/o ancho logró alcanzar el primer lugar en superficie cosechada y el tercero en toneladas de producción obtenida, su consumo en sus diversos usos y presentaciones se ha incrementado considerablemente en los últimos 25 años (SAGARPA, 2003).

3.2. Estadísticas internacionales y nacionales de chile poblano y/o ancho

3.2.1. Superficie sembrada y producción

A nivel internacional China ocupa actualmente el primer lugar en superficie cosechada de chile, incrementando a la par sus rendimientos, registrando para el año 1995 302,000 ha con rendimientos de 18.1 t·ha⁻¹, mientras México ocupa el segundo lugar en cuanto a superficie sembrada con un promedio de 123,000 ha por año presentando una tendencia creciente en superficie sembrada y rendimiento, en tercer sitio se ubica Nigeria con un gran incremento en superficie sembrada pasando de 57,000 ha en 1995 a 70,000 en el 2001 y rendimientos de 18.9 a 20.0 t·ha⁻¹ (Barrientos, 2002).

A nivel nacional, el predominio del chile ancho, se explica por sus múltiples usos: por el consumo en moles y colorantes, así como su consumo en fresco en forma de chile poblano (50 % del total) (DGPA, 1993).

En México, el Estado con mayor superficie sembrada es Zacatecas, con 23,000 ha en promedio, así como de superficie cosechada, convirtiéndose así en el principal estado productor de esta hortaliza, representando el 46 % de la superficie sembrada, siguiéndole el estado de San Luis Potosí con 8,000 ha en promedio por año, posteriormente está el estado de Jalisco con un promedio de 2,700 ha por año, y por último el estado de Guanajuato que a partir de 1997 no registra datos (Cuadro 1) (Barrientos, 2002).

CUADRO 1. Superficie sembrada de chile poblano y/o ancho por los principales estados productores.

Estado	ha·año ⁻¹								
	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Zacatecas	18,363	13,583	27,716	23,112	33,923	24,772	24,070	28,849	31,533
S.L.P	7,310	6,908	8,103	9,346	9,764	9,928	10,402	10,601	11,958
Jalisco	2,873	2,490	2,868	2,402	3,308	2,358	2,694	2,453	1,960
Durango	2,441	Nr	Nr	1,579	3,574	2,395	4,128	3,878	3,897
Guanajuato	2,037	1,420	1,930	Nr	Nr	Nr	Nr	Nr	Nr
Total nacional	37,867	30,148	48,839	44,799	61,546	49,554	52,082		54,428

Nr= No registrado; Fuente: SAGARPA. Anuario estadístico de la producción agrícola (1995 – 2003).

En cuanto a variedades, las más importantes por su calidad, rendimiento y superficie cultivada esta: Esmeralda, Verdeño y Flor de Pabellón, producto del Programa Nacional de Mejoramiento de chile a cargo del INIFAP (Pozo y Ramírez, 1994). Ancho San Luis, variedad cultivada en la región de San Luis de la Paz Gto., producto de la compañía PETOSEED, y actualmente el híbrido Caballero esta dando muy buenos resultados. El chile poblano es considerado actualmente como un cultivo de gran importancia no solo por reflejar incrementos en su superficie o valor de la producción, sino por su

impacto social al consolidarse como una de las principales fuentes generadoras de empleos, dado que cada hectárea demanda 150 jornales por ciclo.

3.3. Fertilización

Se sugiere fertilizar al chile poblano con 140 kg de nitrógeno y 60 de fósforo por hectárea, dividido el nitrógeno en dos aplicaciones. Antes del transplante u ocho días después aplicar 70 kg de nitrógeno, lo cual equivale a 210 kg de sulfato de amonio o bien a 150 kg de Urea. Los 60 kg de fósforo pueden aplicarse como superfosfato de calcio simple (300 kg), o bien superfosfato de calcio triple (130 kg). Los 70 kg de nitrógeno restantes se aplican al inicio de la floración; en ambos casos el fertilizante debe aplicarse en banda a 10 cm de profundidad y a un lado de las plantas, evitando el contacto directo con las raíces (Alvarado y Hernández, 1990).

En la primera fertilización se aplica 17-17-17 junto con el superfosfato triple y en una segunda aplicación solo bases nitrogenadas. Las dosis empleadas para nitrógeno llegan a ser hasta de 200 unidades por hectárea, mientras que lo recomendado por INIFAP es de 150-60-00, sin embargo, sin potasio no se tiene una buena calidad del fruto (Alvarado y Hernández, 1990).

3.4. El crecimiento vegetal

El ciclo de vida de las plantas inicia con la germinación, el primer órgano que se desarrolla son las raíces que son las responsables de la absorción de agua y nutrimentos. Tan pronto aparecen los brotes, se induce la síntesis de clorofila, las hojas jóvenes dado que no son autosuficientes abastecen sus necesidades de carbohidratos y aminoácidos a partir de las reservas de materiales orgánicos almacenados en la semilla. El estado vegetativo o juvenil, se caracteriza por un rápido desarrollo de hojas, tallos y raíces, en todo este periodo los requerimientos nutrimentales están determinados por la

tasa de asimilación de CO₂ convirtiéndose los fotoasimilados en los numerosos metabolitos necesarios para el crecimiento vegetal (Mengel y Kirkby, 1978).

El crecimiento es el aumento de tamaño de la planta, el cual puede ser en materia seca o en dimensiones, como consecuencia de la formación de nuevas células, la expansión de las células constituyentes y el almacenamiento de asimilados. La velocidad de crecimiento se expresa, por tanto, como aumento de peso, volumen, área o longitud por unidad de tiempo (Wild, 1992). El crecimiento de las células es un incremento irreversible en tamaño, y ocurre tanto en las zonas de división celular como en la de elongación de las células. Generalmente la tasa de crecimiento de una planta disminuye conforme aumenta su tamaño hasta que se vuelve cero, cuando alcanzan la madurez o tamaño final (Charles-Edwards, 1986). Según Bidwell (1979), el desarrollo es un cambio ordenado o progresivo, a menudo (aunque no siempre) hacia un estado superior más ordenado o más complejo.

3.4.1. Comportamiento del crecimiento vegetal

En general, las plantas presentan tres fases de crecimiento relacionadas con el peso de materia seca producida, por unidad de superficie por cultivo o planta individual en relación con el tiempo, generalmente este comportamiento corresponde a una curva tipo sigmoideal caracterizada por tres fases: a) fase logarítmica, donde el tamaño aumenta en forma exponencial con el tiempo, la rapidez de crecimiento es proporcional al tamaño del organismo, cuanto mayor sea éste más rápido crece, abarca desde la germinación hasta la etapa juvenil, b) la fase lineal, donde el crecimiento vegetativo continúa a una velocidad casi constante y usualmente máxima por algún tiempo, por lo que se tiene la mayor demanda de agua y nutrimentos y c) la fase del estado constante, donde se acumula la mayor cantidad de materia seca, se le conoce como madurez fisiológica, en esta fase las ganancias en materia seca, están equilibradas con las pérdidas (Brown y Scout, 1986; Gardner *et al.*, 1990).

El paso del periodo de crecimiento exponencial a lineal, generalmente se relaciona con la época en que la planta ha completado su desarrollo aéreo, de forma que su capacidad para captar luz es la que determina la velocidad de crecimiento (Wild, 1992).

3.4.2. Metodología para el estudio del crecimiento vegetal

Desde el punto de vista agronómico, el crecimiento y la productividad de una planta o un cultivo, están determinados por cinco características fisiológicas del crecimiento: a) La cantidad de energía luminosa interceptada por el dosel; b) La eficacia con que la energía luminosa interceptada se usa en la producción de nueva materia seca; c) La proporción de la nueva materia seca asignada a las diferentes partes de la planta; d) La proporción de pérdida de materia seca de la planta, por cualquier causa; e) La duración del crecimiento en la planta de la parte de interés (Hunt, 1990).

Uno de los métodos que se emplea con mas frecuencia para expresar el crecimiento vegetal, es la acumulación del peso seco, se tiene la gran ventaja de que al determinar el peso seco, se elimina totalmente el agua de los tejidos vegetales, factor que puede distorsionar los resultados finales, sin embargo, también tiene la gran desventaja de que para realizar las mediciones hay que destruir totalmente el órgano vegetal objeto de estudio, lo que lo hace inviable en ciertas ocasiones (Pérez y Martínez, 1994).

Las hojas son los órganos más ricos en materiales minerales (hasta el 50 % de la materia seca) en comparación con las raíces, probablemente por que las raíces son órganos de paso. Con el cambium, las yemas y los órganos florales son el centro más activo de la fisiología de la planta, sin embargo, aquí también es muy grande la variabilidad (5 al 25 %) (Baeyens, 1970).

Actualmente las técnicas para medir la concentración de los elementos en las plantas, suelos y soluciones nutritivas han mejorado mucho, se utilizan espectrómetros de absorción atómica para determinar elementos minerales y algunos no minerales, aún más valiosos son los espectrómetros de emisión óptica, en los cuales los elementos se vaporizan a temperaturas de 5000 °K, temperaturas tan elevadas excitan de manera temporal los electrones desplazándolos de sus órbitas de estado basal o fundamental a órbitas de energía superior, cuando estos electrones regresan a su estado energético original, se emite energía con longitud de onda característica para cada elemento, el espectrómetro mide su longitud de onda, cuantifica la energía y permite medir con gran sensibilidad en menos de un minuto, las concentraciones de más de 20 elementos en una sola solución (Salisbury y Ross, 1994).

Para estudiar de manera cuantitativa la relación entre el suministro de nutrimentos y el crecimiento, se recurre por lo general a las técnicas de cultivo hidropónico con soluciones nutritivas, el cual consiste en reemplazar el suelo por agua, o cualquier material inerte, que no proporcione a la planta nutrimento alguno. El aporte de nutrimentos se lleva a cabo añadiendo al sustrato inerte solución nutritiva que contenga cantidades conocidas de varias sales inorgánicas cuyos aniones y cationes llevarán los elementos necesarios (Pérez y Martínez, 1994).

Existen una serie de fórmulas estandarizadas de soluciones complejas, con todos los nutrimentos en cantidades adecuadas para el crecimiento normal de las plantas; pero también es posible modificar esa composición para estudiar qué ocurre cuando un determinado nutrimento falta por completo o está en cantidades muy bajas o excesivas (Pérez y Martínez, 1994).

3.4.3. Análisis de crecimiento y sus parámetros

Los eventos que ocurren desde el inicio hasta el final del proceso de crecimiento pueden tener marcada influencia sobre el rendimiento en materia seca. Una aproximación al análisis de los factores

que influyen en el rendimiento y desarrollo vegetal es la acumulación de fotosintatos a través del tiempo, lo que ha sido conocido como análisis de crecimiento (Gardner *et al.*, 1990).

El análisis de crecimiento evalúa cuantitativamente el crecimiento de las plantas e involucra técnicas mediante comparaciones que permiten estudiar los patrones de crecimiento vegetal (Hunt, 1978), puede efectuarse mediante dos métodos: a) método clásico, el cual evalúa el crecimiento con base en datos que provienen de muestras con un alto número de repeticiones, pero a intervalos prolongados, en este método no se realiza el ajuste de datos mediante modelos matemáticos, aunque pueden analizarse estadísticamente, b) método funcional, donde el crecimiento es evaluado en base a datos con pocas repeticiones pero a intervalos cortos sobre todo cuando existe mucha variación en la información, los cuales pueden ser utilizados para ajuste de modelos (Hunt, 1982). El análisis de crecimiento con el enfoque funcional, utiliza datos a partir de muestras colectadas periódicamente y se ha utilizado con éxito en plantas anuales, bianuales y perennes (Brand, *et al.*, 1987).

Para el análisis cuantitativo de factores que condicionan la formación de cosecha se utilizan los índices fisiotécnicos para lo cual se requieren mediciones básicas de peso seco total de la planta, peso seco de los diferentes órganos de importancia económica y área foliar de la planta (Gardner *et al.*, 1990).

3.4.3.1. Tasa absoluta de crecimiento (TAC). Es una clara y simple medición de la tasa de incremento en peso seco de la planta por unidad de tiempo, es un índice importante para cuantificar la fuerza de demanda de cualquier órgano de la planta demandante, es una relación de crecimiento en términos de peso en función del tiempo, expresado en $\text{g}\cdot\text{día}^{-1}$, por lo general adopta una forma sigmoideal y la diferencia entre dos puntos consecutivos de cualquier serie proporciona la tasa de crecimiento en ese periodo (Hunt, 1982). La TAC esta función de la cantidad de material en crecimiento presente y de la tasa de crecimiento *per se*, motivo por el cual, al inicio del desarrollo existe un periodo

en que esta función del crecimiento es cada vez mayor, posteriormente se mantiene casi constante y luego comienza a disminuir, de tal forma que al final del ciclo se vuelve negativa por que la muerte de las hojas es superior a la formación de nuevas hojas (Mithorphe y Moorby, 1982).

3.4.3.2. Tasa relativa de crecimiento (TRC). Representa la eficiencia de la planta para producir nuevo material en un tiempo determinado dado en gramos de materia seca ganados por gramo de materia seca existente por unidad de tiempo ($\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{día}^{-1}$) (Hunt, 1982; Gardner *et al.*, 1990). La TRC provee una mejor comparación de la producción relativa de las plantas, debido a que en su cálculo se corrige por los pesos iniciales de los individuos por comparar, siendo considerada esta tasa como un índice de eficiencia en la producción del peso seco de las plantas, es constante durante su fase inicial y a medida que aumenta la edad de la planta, esta va disminuyendo (Silvori y Montaldi, 1980).

3.4.3.3. Tasa de asimilación neta (TAN). Representa la ganancia neta en peso seco por unidad de área foliar, es una medida indirecta de la fotosíntesis (Hunt, 1982). Es conocida también como la tasa foliar unitaria, y definida como el incremento de material vegetal por unidad de material asimilado por unidad de tiempo y se expresa en $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{día}^{-1}$ (Beadle, 1988).

Es una medida de la eficacia del follaje, el cual constituye la principal fuente de fotoasimilados en la producción de materia seca; e indica también la velocidad de fotosíntesis neta en un lapso relativamente largo, entre dos muestreos (Escalante y Kohashi, 1993). La TAN es aplicable a una planta o a un cultivo, no es constante con el tiempo y muestra una tendencia a disminuir con la edad de la planta. La disminución se acelera por un ambiente desfavorable y la ganancia de materia seca por unidad de área foliar decrece en la medida que salen nuevas hojas, debido al sombreado recíproco (Gardner *et al.*, 1990).

El subsecuente incremento en la TAN, después de alcanzar el área foliar máxima, es difícil de explicar, se esperaría que esto sucediera por un aumento en la fotosíntesis o por una disminución en el área foliar o de la respiración, no obstante esas variables no son independientes y aunque el área foliar ciertamente disminuye, es imposible que suceda con la respiración, debido a la influencia directa de la radiación sobre fotosíntesis, al disminuir la cantidad de radiación incidente sobre las hojas inferiores del dosel, la TAN se reduce (Ellias y Chadwich, 1979).

3.4.3.4. Razón de área foliar (RAF). La RAF de una planta o de un cultivo es la razón de material asimilatorio por unidad de material vegetal presente, indica la cantidad de área foliar producida con relación al peso seco total de la planta (Beadle, 1988; Hunt, 1982). Se expresa en unidad de área por gramo de peso seco ($\text{cm}^2\cdot\text{g}^{-1}$).

3.5. Nutrición mineral

La ciencia de la nutrición comenzó aproximadamente hace 150 años con los experimentos clásicos de Liebig, Lawes y Gilbert, de Saussure, entre otros, y es una gran esperanza para solucionar la crisis mundial de los alimentos (Gardner *et al.*, 1985). La nutrición mineral incluye el suministro, absorción y utilización de los nutrimentos esenciales para el crecimiento y producción de los cultivos (Fageria *et al.*, 1997). Las plantas son los únicos organismos vivos que pueden sintetizar todas las sustancias que requieren, incluso aminoácidos, hormonas y vitaminas, si se les proporcionan los elementos minerales esenciales junto con bióxido de carbono y agua (Gardner *et al.*, 1985; Salisbury y Ross, 1994).

3.5.1. Elementos minerales esenciales y sus funciones

Las plantas tienen la habilidad de poder seleccionar la cantidad de los diversos iones que absorben, normalmente esta absorción no es directamente proporcional a la cantidad de nutrimentos que existe, ellas son selectivas (Fageria *et al.*, 1997).

Un elemento para ser considerado esencial en el crecimiento de las plantas, debe cumplir los tres criterios de esencialidad de Arnon y Stout: 1) la planta no podrá completar su ciclo de vida normal en la ausencia del elemento, 2) la acción del elemento debe ser específica y ningún otro elemento puede sustituirlo completamente, 3) el elemento deberá estar directamente implicado en la nutrición de la planta, esto es, ser un constituyente de un metabolito o ser necesaria su presencia para la acción de una enzima esencial y no ser simplemente la causa de que otros elementos sean más fácilmente asimilables (Resh, 2001). Solamente 17 elementos están considerados como esenciales para el crecimiento de la mayoría de las plantas. Estos están divididos en macronutrientes, que son aquellos requeridos en gran cantidad por las plantas, y micronutrientes), aquellos que son requeridos en menor cantidad (Salisbury y Ross, 1994).

Los macronutrientes incluyen al C, H, O, N, P, K, Ca, S y Mg; los micronutrientes son Fe, Cl, Mn, B, Zn, Cu, Mo, y Ni (Salisbury y Ross, 1994). Las variaciones en la cantidad de los nutrientes esenciales requeridos para el crecimiento normal de una planta son grandes. Los requerimientos cuantitativos dependen del cultivo, el nivel de producción y el nutriente en particular. Por ejemplo N, P, K, Ca, Mg y S se requieren en decenas y cientos de kilogramos por hectárea por los cultivos vegetales, y los micronutrientes en gramos por hectárea (Gardner *et al.*, 1985).

Tres elementos C, H y O se obtienen del aire o agua y componen aproximadamente el 95% de la planta, mientras que los otros nutrientes se encuentran en forma iónica en la solución del suelo, con carga positiva (catión) o negativa (anión) y son normalmente absorbidos por medio de las raíces ya sea de la solución del suelo o por intercambio de contacto. La absorción de los minerales puede ser un proceso activo o pasivo (Alpi y Tognoni, 1991; Fageria *et al.*, 1997).

3.5.2. Importancia de los elementos minerales

Los avances científicos en la nutrición vegetal y fertilización, han revolucionado la producción de cultivos. Con frecuencia los bajos rendimientos en muchos países son principalmente debido a la falta de nutrimentos (Gardner *et al.*, 1990).

El desarrollo económico de la sociedad moderna depende de los cultivos como materiales necesarios, directa o indirectamente, para el consumo humano. La cantidad adecuada de nutrimentos minerales que se suministre a los cultivos es el factor más importante en la obtención de alta productividad (Fageria *et al.*, 1997). La nutrición mineral incluye el suministro, absorción y utilización de los nutrimentos esenciales para el crecimiento y producción de los cultivos. La decisión sobre la cantidad de nutrimentos para fertilizar un cultivo, se basa generalmente en tres parámetros: 1). demanda del cultivo del nutrimento dado; 2). la capacidad de suministro del suelo donde se va a establecer el cultivo; 3). la eficiencia del fertilizante que lo contiene y que se va a utilizar. La demanda de cada cultivo está basada principalmente en la capacidad para absorber los nutrimentos necesarios para obtener los rendimientos máximos posibles, los cuales se contabilizan por la concentración en la materia seca de los productos cosechados, es decir frutos y follaje, en las hortalizas las exigencias de calidad (tamaño, color, textura, firmeza, sabor, etc.) son mayores, por lo que generalmente tienen una demanda intensiva de la mayoría de nutrimentos; en tomates y chiles, los elementos extraídos se localizan principalmente en los frutos para el caso de nitrógeno y fósforo, en contraste con el potasio el cual se localiza en su mayor parte en tallos y hojas (Grageda, 1999).

3.5.3. Suministro de nutrimentos

El estado nutricional de las hortalizas está relacionado con el rendimiento y calidad de la cosecha y se ve afectado, por diversos factores como las propiedades físicas y químicas del suelo, la fertilización aplicada, la precipitación y el riego (Grageda, 1999). Los fotoasimilados producidos en las hojas se

combinan con los elementos minerales absorbidos por las raíces para producir los compuestos necesarios para el crecimiento de la planta (Wild, 1992). La escasez de elementos minerales, o la proporción entre ellos influye desfavorablemente sobre el crecimiento y la formación de órganos, cosecha y calidad de la producción, en algunos casos la cosecha no se realiza en el momento deseable y posible (Güenkov, 1974).

3.5.4. Extracción de nutrimentos por el cultivo del chile

Son diversos los factores que influyen en los ritmos de absorción de nutrimentos por el cultivo, entre los que cabría señalar: material vegetal, condiciones ambientales, calidad del agua de riego y técnica de cultivo, de todos los órganos vegetativos de la planta, las hojas han mostrado ser las que dan una información más precisa de la absorción de nutrimentos. Según Cadahía (1988), los valores medios de referencia de la concentración mineral en hoja de chile son los que se muestran en el (Cuadro 2).

CUADRO 2. Niveles de referencia de contenido nutrimental en hojas para el cultivo de chile.

Nutrimento	Alto	Normal	Medio
Nitrógeno (%)	5.1-6.0	4-5	3-3.9
Fósforo (%)	0.7- 0.8	0.3-0.7	0.2-0.3
Potasio (%)	5.6-6.0	4.5-5.5	3.5-4.5
Calcio (%)	4.1-5.0	2.0-4.0	0.5-1.9
Magnesio (%)	1.8-2.5	1.0-1.7	0.5-0.9
Manganeso ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	201-500	90-200	41-89
Hierro ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	201-500	80-200	61-80
Cobre ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	21-50	10-20	5-10
Boro ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	61-80	20-60	13-19
Zinc ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	61-100	25-60	15-24

Fuente: Cadahía (1988).

3.6. Fertirrigación en el cultivo del chile

En casi todos los cultivos intensivos de chile, el sistema de riego empleado es localizado. La mayor ventaja de este sistema radica en la posibilidad de hacer una fertilización día a día en función del

proceso fotosintético y exactamente a la medida del cultivo, del sustrato, del agua de riego y para unas condiciones ambientales definidas. La fertirrigación es por tanto el proceso conjunto de riego y abonado, existe una estrecha relación entre agua utilizada y materia seca producida, numerosos estudios han puesto de manifiesto que el riego localizado aumenta la eficacia de los fertilizantes, por permitir un suministro continuo de nutrimentos en relación directa con las necesidades de las plantas (Núñez *et al.*, 1996).

3.7. Solución nutritiva de Steiner

Los experimentos fisiológicos sobre nutrición han sido realizados para investigar, entre otras cosas la influencia de una amplia gama de composiciones de soluciones nutritivas sobre el desarrollo de las plantas (Steiner, 1961).

En 1968, Steiner presentó la composición de su solución nutritiva. Esta fórmula todavía es la más ampliamente conocida y usada en el mundo, empleada para incrementar la magnitud del crecimiento de las plantas cultivadas con métodos en agua, así como para experimentos e investigación en fisiología vegetal y para la producción comercial de plantas con diversos métodos de cultivo sin suelo. La publicación original de la solución nutritiva conseguida por Steiner, se basó en una presión osmótica de 0.7 atmósferas y pH de 6.5, estos valores no son universales. Solamente las relaciones mutuas entre los aniones y los cationes se conciben como universales, permitiendo diferentes preparaciones a distintas presiones osmóticas deseadas y valores de pH, la solución nutritiva de Steiner expresa las relaciones mutuas entre los cationes potasio, calcio y magnesio y entre los aniones nitrato, fosfato y sulfato (Steiner, 1984). En la solución nutritiva de Steiner, todo el nitrógeno está presente como NO_3^- , no como NH_4^+ . La razón es que los iones NH_4^+ en una solución nutritiva son tóxicos en mayor o menor grado para muchas plantas (Steiner, 1984).

La fórmula de la solución nutritiva de Steiner (Cuadro 3) satisface las siguientes condiciones: 1). Las relaciones mutuas deseadas entre aniones; 2). las relaciones mutuas deseadas entre cationes; 3). la concentración total de iones deseada; y 4). el valor deseado de pH con una tolerancia de ± 0.1 (Steiner, 1984).

CUADRO 3. Fórmula de la solución nutritiva de Steiner.

	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	SO ₄ ²⁻	Total
(mmol·litro ⁻¹)	7.080	4.552	2.023	11.888	0.991	3.467	30.001
(Meq·litro ⁻¹)	7.080	9.103	4.046	11.888	0.991	6.934	40.042

Fuente: Steiner (1984)

Para ciertos propósitos de investigación puede ser deseable no considerar las relaciones entre iones conseguidas en la solución nutritiva, sino mezclas muy especiales; por ejemplo para que la planta consuma ciertas cantidades que le permitan soportar el ataque de algunos insectos o de hongos, o para formar paredes celulares o algunas otras estructuras (Steiner, 1984) (Cuadro 4).

CUADRO 4. Solución nutritiva para propósitos de investigación.

	k ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	SO ₄ ²⁻	Total
(mmol·litro ⁻¹)	6.554	1.966	1.311	6.477	0.907	2.785	20.000
(Meq·litro ⁻¹)	6.554	3.932	2.622	6.477	0.907	5.570	26.062

Fuente: Steiner (1984)

Esta fórmula calculada para una solución nutritiva a pH 6.0 ± 0.1 , que contiene 20 mg de iones por litro es utilizada con propósitos de investigación (Steiner, 1984).

En cuanto a la calidad del agua, todas las fórmulas que se deseen preparar, dependerán solamente del uso de agua destilada o completamente desmineralizada (Steiner, 1984).

CUADRO 5. Límites de las concentraciones de micronutrientes en la solución nutritiva de Steiner.

Elemento	$\mu\text{mol}\cdot\text{litro}^{-1}$	$\text{mg}\cdot\text{litro}^{-1}$
Fe	9-36	0.5-2.0
Mn	4-36	0.2-2.0
Zn	1.5-9	0.1-0.6
B	19-56	0.2-0.6
Cu	0.2-1	0.01-0.06
Mo	0.4-0.6	0.04-0.06

Fuente: Steiner (1984)

3.8. Análisis de la parte aérea de la planta

Los análisis de la parte aérea de la planta proporcionan información acerca de la concentración de los nutrientes en esta y cuando están debidamente relacionados con la producción de materia seca. Existen dos variantes, el análisis secuencial o en varias etapas del crecimiento y el análisis al final del ciclo de crecimiento del cultivo (Etchevers, 1999).

3.8.1. Análisis secuencial

El análisis secuencial se hace periódicamente desde el inicio del crecimiento hasta la madurez de la planta. Se emplea para establecer la dinámica de la absorción, esto es, cuales son las concentraciones nutricionales que se observan en distintas fases del desarrollo de la planta y las demandas particulares de nutrientes (cantidades de nutrientes presentes en la parte aérea) en los diversos estados fisiológicos de la planta. Esta última información sirve para determinar los momentos más adecuados para el suministro de fertilizantes dentro del ciclo de desarrollo del cultivo (Etchevers, 1999).

3.8.2. Análisis al final del ciclo de crecimiento del cultivo

Los resultados de este análisis se emplean para obtener información sobre la cantidad total de elementos absorbidos por la planta y también para determinar el requerimiento interno, es decir, la

concentración mínima de nutrimentos que se requiere para alcanzar el rendimiento máximo posible. En términos generales, la demanda nutrimental menos la cantidad de nutrimentos que puede proporcionar el suelo, considerando un apropiado factor de eficiencia de uso de fertilizante, daría la dosis de fertilización (Etchevers, 1999).

3.8.3. Análisis foliar

El análisis de tejido vegetal se ha constituido en una herramienta para identificar y/o confirmar desórdenes nutricionales en la producción de hortalizas. El objetivo principal de este análisis es detectar con toda oportunidad el status de algún nutrimento con el fin de hacer las correcciones pertinentes al programa inicial de fertilización (Grageda, 1999).

La parte más utilizada de la planta para realizar los análisis químicos es la hoja, debido fundamentalmente a que es el órgano principal donde se elaboran las sustancias nutritivas, refleja el estado nutricional de la planta (Rojas, 1989). Generalmente para el análisis foliar se utilizan hojas completamente desarrolladas, recién llegadas a la madurez. El material debe ser secado, lo cual tiene por objeto impedir que se continúen los procesos metabólicos y expresar los resultados de los análisis posteriores en base al peso de materia seca. Para homogeneizar la muestra se muele en un molino tipo Willey; posteriormente se tamiza en malla de 2 mm de acero inoxidable. El material debe almacenarse en bolsas de polietileno o papel convenientemente identificado (Rojas, 1989).

3.8.4. Análisis foliar en cultivo de Chile

Este tipo de análisis puede mostrar con mayor precisión y rapidez la situación real del balance entre elementos ya que indica el contenido de los mismos en el follaje de la planta al momento de obtener la muestra. Permite conocer si algún micronutrimento está en bajas o altas cantidades, antes de que se manifiesten sus síntomas, por lo tanto afectan severamente a la planta.

Para un muestreo foliar, es necesario hacer la primera recolección de muestras cuando la planta esté en pleno crecimiento vegetativo, lo cual en siembras directas ocurre después de los 50 días y en transplante a los 20 días después de éste. Un segundo análisis puede efectuarse a los 50 ó 60 días después del primero; este último es importante ya que la planta está con la mayor cantidad de frutos en formación, y durante este periodo se hace la mayor extracción de nutrimentos. Se sugiere coleccionar 20 muestras entre la tercera y cuarta hoja de los brotes en crecimiento (Arcos *et al.*, 1998). Los resultados se interpretan con base en el contenido de nutrimentos, ubicándolos en tres categorías: bajo, adecuado y alto (Cuadro 6).

CUADRO 6. Niveles de macro y micro elementos en follaje de chile (*Capsicum annum*).

Nutrimento	Alto	Adecuado	Bajo
Nitrógeno (%)	+5.1	3.15-5.0	0-3.0
Fósforo (%)	+1.01	0.36-1.0	0-0.35
Potasio (%)	+6.01	4.01-6.0	0-4.0
Calcio (%)	+4.01	2.01-4.0	0-2.0
Magnesio (%)	+1.01	0.31-1.0	0-0.3
Azufre (%)	+0.71	0.31-0.7	0-0.3
Manganeso ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	+101	31-100	0-30
Hierro ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	+301	81-300	0-80
Cobre ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	+31	9-30	0-8
Boro ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	+81	26-80	0-25
Cinc ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	+151	31-150	0-30

Fuente: Arcos *et al.* (1998).

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Localización del experimento

La presente investigación se llevó a cabo en los invernaderos del Departamento de Fitotecnia, ubicados en el Campo Agrícola Experimental de la Universidad Autónoma Chapingo, en Chapingo, Estado de México, en el periodo del 6 mayo al 19 de septiembre del 2005, localizado a 19° 29' LN y 98° 53' LO, con altitud de 2240 m. La medición de las variables morfológicas se realizó en los laboratorios de Fenología de cultivos y Fisiología de Frutales del Departamento de Fitotecnia, en tanto que el análisis nutrimental se realizó en el laboratorio de nutrición Vegetal de Edafología, del Instituto de Recursos Naturales del Colegio de postgraduados, Montecillo, Estado de México.

4.2. Factores de estudio

Genotipo

El genotipo evaluado fue chile poblano (*Capsicum annuum* L. var. Grossum sendt), híbrido comercial Caballero, dicho genotipo presenta frutos grandes de 12 a 16 cm de longitud, color verde intenso brillante, de maduración en color rojo escarlata, paredes gruesas y con un 75% de frutos lisos de dos venas (lóculos), siendo el restante de tres lóculos (esta proporción puede variar con las condiciones ambientales y localidad), plantas vigorosas con entrenudos largos y pedúnculo fuerte. Días relativos a madurez de 80 a 88, su contenido de capsaicina es medio (500 a 2000 unidades Scoville), lo que confiere el picor característico de este tipo de chile.

Solución nutritiva

Se evaluaron cuatro tratamientos (concentraciones): T1 (50%), T2 (75%), T3 (100%) y T4 (125%) de la solución nutritiva de Steiner (Steiner, 1984), como fuente de nutrimentos se emplearon los fertilizantes comerciales indicados en el Cuadro 7.

CUADRO 7. Cantidad de fertilizante para preparar 600 L de solución nutritiva de Steiner, durante el ciclo de cultivo de chile poblano var. Caballero. Chapingo, México. 2005.

Fuente	Concentraciones			
	50%	75%	100%	125%
	----- (g) -----			
Nitrato de calcio	319	478	637.2	796.5
Sulfato de potasio	78.3	118	156.69	195.9
Nitrato de potasio	90.9	136	181.8	227.3
Fosfato monopotásico	40.8	61.2	81.6	102
Sulfato de magnesio	72	108	144	180
Sulfato de hierro	15	22.5	30	37.5
Sulfato de manganeso	3	4.5	6	7.5
Sulfato de zinc	1.5	2.25	3	3.75
Sulfato de cobre	1.5	2.25	3	3.75
Borax	4.5	6.75	9	11.25

4.3. Unidad y diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental en Bloques al Azar (DEBA) con tres repeticiones, donde la unidad experimental y de muestreo consistió de una planta por maceta, separadas a 1.50 m entre hileras y 0.30 m entre plantas. Se utilizó como contenedor bolsas de polietileno negro calibre 700 de 0.40 x 0.45 m, y como sustrato al tezontle rojo.

4.4. Caracteres evaluados

Morfológicos

Las variables morfológicas fueron medidas cada 15 días a partir del transplante. La altura de la planta (cm) se midió desde el punto cotiledonal al meristemo apical; el diámetro del tallo principal (cm) se evaluó en la base de la planta a 1 cm por arriba del nudo cotiledonal; número de frutos por planta, número de bifurcaciones del tallo principal y número hojas se cuantificaron al momento de cada muestreo y en el caso de frutos los acumulados en cortes anteriores; el área foliar (cm²) se midió con un integrador de área foliar Delta-TMK2; el peso fresco de fruto (g); para determinar el peso seco (g) se

separó frutos, tallos y hojas, los que fueron secados en estufa a 70 °C hasta obtener peso constante, el volumen de fruto (ml) se obtuvo por desplazamiento de agua utilizando un vaso de precipitado graduado; largo (cm) y ancho (cm) de fruto, así mismo se obtuvo el índice de cosecha considerando materia seca de fruto respecto a la materia seca total.

Nutrimientales

La determinación de la concentración de los nutrimentos de interés, se determinó cada 15 días, se utilizó el material vegetal de peso seco. Las muestras se molieron por separado en un molino tipo Willey y se guardaron en sobres etiquetados y sellados, fue necesario homogeneizar perfectamente las muestras y de cada uno se tomó 2 g para su análisis nutricional.

4.5. Análisis estadístico

Los datos obtenidos en cada una de las variables morfológicas, así como el contenido y extracción nutricional fueron sometidos a un análisis de varianza y comparación de medias de Tukey ($P \leq 0.05$). Se aplicaron modelos de regresión no lineales o polinomiales para el análisis en el comportamiento de algunas variables morfológicas y la dinámica de nutrimentos, así como los análisis de correlación de Pearson entre los valores observados en el experimento y los estimados por los modelos.

4.6. Análisis de crecimiento

Con el propósito de realizar análisis de crecimiento en plantas de chile poblano, a partir de los datos observados, se generó un modelo de regresión no lineal para variables morfológicas, fisiológicas (área foliar) y materia seca, mediante el modelo logístico (Richard, 1959).

$$MS = F(x) = A / (1 + B \cdot e^{-C \cdot x})$$

$$AF = F(x) = A / (1 + B \cdot e^{-C \cdot x})$$

$$MS' = F'(x) = (A \cdot B \cdot C \cdot e^{-C \cdot x}) / (1 + B \cdot e^{-C \cdot x})^2$$

donde:

MS y AF= Variables respuesta materia seca y área foliar

MS' = Primera derivada del modelo logístico de la materia seca

A = Valor máximo; A/2 corresponde a la ordenada del punto de inflexión de la curva.

B = Parámetro relacionado con el eje y_0 que es el valor de F(y) cuando $x=0$.

$e = 2.718281828$

C = Parámetro relacionado con el valor de x para el punto de inflexión.

x = Días después del transplante (ddt).

Utilizando estos modelos se obtuvieron los siguientes índices del análisis de crecimiento para cada tratamiento:

$$TAC = MS' = (A \cdot B \cdot C \cdot e^{-Cx}) / (1 + B \cdot e^{-Cx})^2$$

$$TRC = MS' / MS = [(A \cdot B \cdot C \cdot e^{-Cx}) / (1 + B \cdot e^{-Cx})^2] / [A / (1 + B \cdot e^{-Cx})]$$

$$TAN = MS' / AF = [(A \cdot B \cdot C \cdot e^{-Cx}) / (1 + B \cdot e^{-Cx})^2] / [A / (1 + B \cdot e^{-Cx})]$$

$$RAF = AF / MS = [A / (1 + B \cdot e^{-Cx})] / [A / (1 + B \cdot e^{-Cx})]$$

4.7. Manejo experimental

La siembra se llevó a cabo el día 15 de marzo del 2005, en charolas de poliestireno de 200 cavidades, las cuales se desinfectaron con una solución a base de captan en dosis de $1 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ de agua, como sustrato se utilizó turba de marca comercial Growin mix No.3 previamente humedecido hasta formar figuras con el puño, se colocó una semilla en el centro de cada cavidad a una profundidad de 0.5 cm, se cubrió con más sustrato y se dio un riego a saturación, posteriormente se estibarón las charolas y se envolvieron en un plástico negro. La emergencia total se tuvo a los 10 días después de la siembra, el riego desde la emergencia hasta que la plántula presentó dos hojas verdaderas fue sólo con agua. Una vez que la plántula contó con 2 hojas verdaderas, se inició la aplicación de solución nutritiva de Steiner a 25% de concentración. El transplante se realizó el día 6 de mayo del 2005, fecha en que se inició la aplicación de los tratamiento (Cuadro 7).

Se aplicaron tres riegos por día, el primero a las 9:00 A.M, el segundo a las 13:00 P.M y un tercero a las 16:00 P.M proporcionando 250 ml de solución nutritiva en cada riego por planta, hasta antes de floración, una vez iniciada la floración se incremento el volumen a 500 ml por riego; iniciando el crecimiento de fruto se incrementó a 700 ml. Cada 30 días antes de preparar la solución se dio un riego (previamente humedecido el sustrato) con agua acidificada (PH: 5.5) para el lavado de sales y evitar su acumulación en el sustrato. El tutoreo se realizó con maderas de 2 m de longitud, ubicando dos en cada extremo de las hileras de plantas en forma de "V", de estas se sujetaron rafia de un extremo a otro utilizando tres hileras separadas 25 cm una de la otra. Se eliminaron brotes laterales ubicados por debajo de la primer bifurcación, considerando su peso seco para sumar a la variable correspondiente.

Control de plagas y enfermedades.

Al momento del transplante se realizó una aplicación preventiva contra enfermedades fungosas utilizando Captan en dosis de 1 g·L⁻¹. Buscando monitorear la presencia de plagas en el cultivo se establecieron en el área experimental trampas amarillas las cuales se reemplazaron cada 20 días.

Con la finalidad de incrementar ligeramente el pH en el cuello de la planta y evadir enfermedades fungosas, se aplicó 1 gramo de cal común en esta área por 3 ocasiones durante el desarrollo del experimento. Se realizaron dos aplicaciones preventivas contra Tizón tardío (*Phytophthora infestans*) y secadera del chile (*P. capsici*) con Ridomil Gold en dosis de 1 g·L⁻¹. Así también, dada la incidencia de pudrición blanda de fruto por *Erwinia carotovora*, se aplicó Cuprimicin en dosis de 1 g·L⁻¹ y Bactrol en la misma dosis. Se aplicó Folimat en dosis de 0.6 ml·L⁻¹, contra araña roja, una aplicación de Proclaim en dosis de 1 g·L⁻¹ contra gusano falso medidor y de fruto. También se realizaron dos aplicaciones al follaje con Confidor® 350 SC (imidacloprid) contra mosca blanca (*Bemisia sp.*) y pulgones.

Para efectuar la cosecha se consideraron los parámetros de calidad para chile poblano acorde al Cuadro 9, además de: hombros completamente formados con una notoria hendidura en la base del

pedúnculo (cajete), longitud mayor de 10 cm, y color de fruto verde intenso brillante, se realizaron cinco cortes según el Cuadro 8.

CUADRO 8. Cosecha de chile poblano var. Caballero, en cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner. Chapingo, México. 2005.

Número de corte	Edad de la planta (ddt)	Fecha
1	75	20/Jul/2005
2	90	4/Ago/2005
3	105	19/Ago/2005
4	120	5/Sep/2005
5	135	19/Sep/2005

ddt:días después del trasplante

Para esta actividad se utilizaron bolsas de papel etiquetadas, bolsas de plástico, etiquetando cada fruto cosechado para posteriormente tomar datos de las variables de estudio, esta actividad se realizó a los 75 días después del trasplante (ddt) y posteriormente cada 15 días hasta el final del ciclo del cultivo (135 ddt).

CUADRO 9. Parámetros de calidad en fruto de chile poblano.

Calidad	Peso (g)	Longitud (cm)
Primera	> 80	> 10
Segunda	50 – 80	7 – 10
Tercera	< 50	< 7

Fuente: Laborde y Pozo (1984).

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. ANÁLISIS DE CRECIMIENTO

5.1.1. Etapas fenológicas

En el Cuadro 10 se describen las cuatro etapas fenológicas del cultivo de chile poblano, así como su clave correspondiente y los días transcurridos después del trasplante, con el fin de asociar este comportamiento con el desarrollo de los caracteres evaluados a través de los muestreos realizados.

CUADRO 10. Descripción de las etapas fenológicas, clave correspondiente y días después del trasplante (ddt), del cultivo de chile poblano var. Caballero. Chapingo, México. 2005.

Etapa fenológica	Clave	ddt
Trasplante		0
1. Bifurcación del tallo principal	A	15
2. Floración	B	36
3. Amarre y crecimiento de fruto	C	44
4. Madurez comercial	D	75
Primer corte de frutos	D1	75
Segundo corte de frutos	D2	90
Tercer corte de frutos	D3	105
Cuarto corte de frutos	D4	120
Quinto corte de frutos	D5	135

ddt:días después del trasplante

5.1.2. Altura de planta, diámetro y número de bifurcaciones del tallo principal

Los valores observados de altura de planta, diámetro de tallo y número de bifurcaciones del tallo principal de los tratamientos fueron ajustados mediante regresión no lineal con el modelo logístico (Cuadro 11).

CUADRO 11. Modelos matemáticos con los que se estimaron los datos de altura de planta, diámetro y número de bifurcaciones del tallo principal, durante el ciclo del cultivo de chile poblano var. Caballero, en cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner. Chapingo, México. 2005.

Variable	Tratamiento	Modelos	r [†]
Altura de planta	T1	$y = 128.9 / (1+8.5110e^{-0.0495*ddt})$	0.99
	T2	$y = 128 / (1+9.9257e^{-0.0547*ddt})$	0.98
	T3	$y = 138.2 / (1+10.6588e^{-0.0525*ddt})$	0.98
	T4	$y = 143 / (1+8.7094 e^{-0.0473*ddt})$	0.98
Diámetro de tallo	T1	$y = 1.3154 / (1+4.9586e^{-0.0391*ddt})$	0.98
	T2	$y = 1.31 / (1+5.9534e^{-0.0450*ddt})$	0.98
	T3	$y = 1.3387 / (1+6.1172e^{-0.0463*ddt})$	0.99
	T4	$y = 1.3937 / (1+5.8204e^{-0.0435*ddt})$	0.97
Número de bifurcaciones del tallo principal	T1	$y = 12.2268 / (1+11.0453e^{-0.0343*ddt})$	0.97
	T2	$y = 10.5163 / (1+11.2711e^{-0.0426*ddt})$	0.96
	T3	$y = 12.5175 / (1+10.0755e^{-0.0338*ddt})$	0.95
	T4	$y = 12.2823 / (1+10.2613e^{-0.0351*ddt})$	0.98

y: altura de planta, diámetro (cm) y número de bifurcaciones del tallo principal estimado; ddt:días después del trasplante; [†]Correlación lineal entre valores observados y estimados; T1:50 %; T2:75 %; T3:100 %; T4:125 %, de la solución nutritiva de Steiner.

Con respecto a tratamientos, al basarse en las comparaciones de medias no se detectaron diferencias significativas en altura de planta, diámetro de tallo y número de bifurcaciones del tallo principal (Cuadros 1A y 12), así mismo los bajos coeficientes de variación obtenidos proporcionan la confiabilidad suficiente a esta investigación, donde los parámetros anteriores permiten considerar que las cantidades de los nutrimentos están dentro del intervalo de deficiencia latente o de buen abastecimiento, de acuerdo a lo anterior, para detectar una diferencia en las variables de estudio por disponibilidad nutrimental se tendría que manejar una concentración menor que la del T1 (50 %).

CUADRO 12. Comparación de medias de altura de planta, diámetro de tallo y número de bifurcaciones del tallo principal, durante el ciclo del cultivo de chile poblano var. Caballero, en cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner. Chapingo, México. 2005.

DDT	T1 (50%)		T2 (75%)		T3 (100%)		T4 (125%)		DMS
----- Altura de planta (cm) -----									
0	13.33	a	13.50	a	13.50	a	13.00	a	2.36
15	25.33	a	24.33	a	24.00	a	25.33	a	6.05
30	45.00	a	42.00	a	41.67	a	46.67	a	17.99
45	65.33	a	67.67	a	66.67	a	69.00	a	12.09
60	93.33	a	98.67	a	99.67	a	101.33	a	13.56
75	102.67	a	108.33	a	116.33	a	111.00	a	29.76
90	120.00	a	115.00	a	122.67	a	129.00	a	30.56
105	122.33	a	124.67	a	125.33	a	123.00	a	6.30
120	122.67	a	125.67	a	138.33	a	136.00	a	30.11
135	130.67	a	130.00	a	141.33	a	152.33	a	35.34
----- Diámetro de tallo (cm) -----									
0	0.25	a	0.25	a	0.27	a	0.30	a	0.22
15	0.33	a	0.27	a	0.30	a	0.30	a	0.11
30	0.50	a	0.57	a	0.53	a	0.57	a	0.23
45	0.67	a	0.70	a	0.73	a	0.73	a	0.11
60	0.97	a	1.00	a	0.97	a	0.97	a	0.14
75	1.10	a	1.13	a	1.20	a	1.27	a	0.21
90	1.10	a	1.17	a	1.23	a	1.27	a	0.30
105	1.13	a	1.17	a	1.23	a	1.23	a	0.28
120	1.23	a	1.27	a	1.30	a	1.23	a	0.28
135	1.37	a	1.37	a	1.33	a	1.50	a	0.21
-----Número de bifurcaciones-----									
30	2.00	a	2.33	a	2.33	a	2.33	a	0.82
45	4.00	a	4.00	a	4.00	a	4.00	a	-
60	5.33	a	6.00	a	5.33	a	6.00	a	1.25
75	6.33	b	7.00	ab	7.67	a	6.67	ab	1.33
90	8.33	a	8.00	a	8.33	a	9.00	a	3.68
105	9.33	a	9.67	a	9.00	a	9.00	a	2.26
120	10.00	a	10.00	a	10.67	a	11.00	a	3.36
135	11.33	a	10.00	a	11.67	a	11.33	a	2.11

Medias con la misma letra en cada hilera son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$); DDT:días después del transplante; DMS:Diferencia mínima significativa.

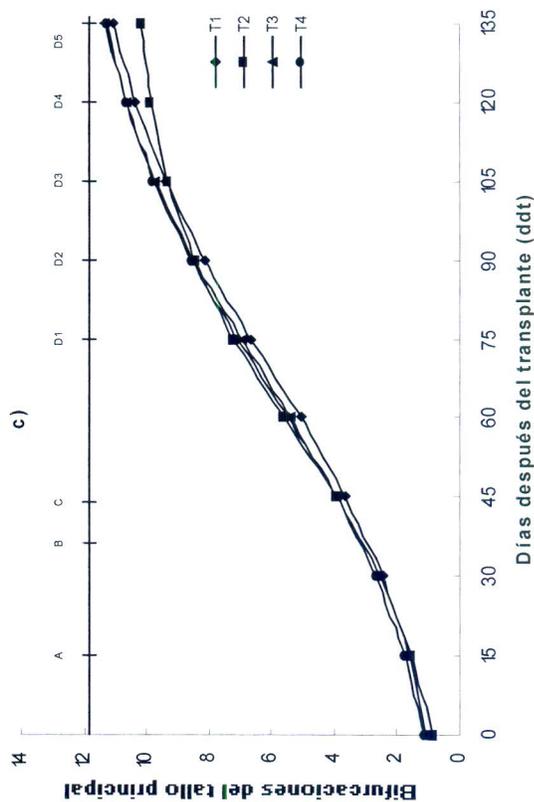
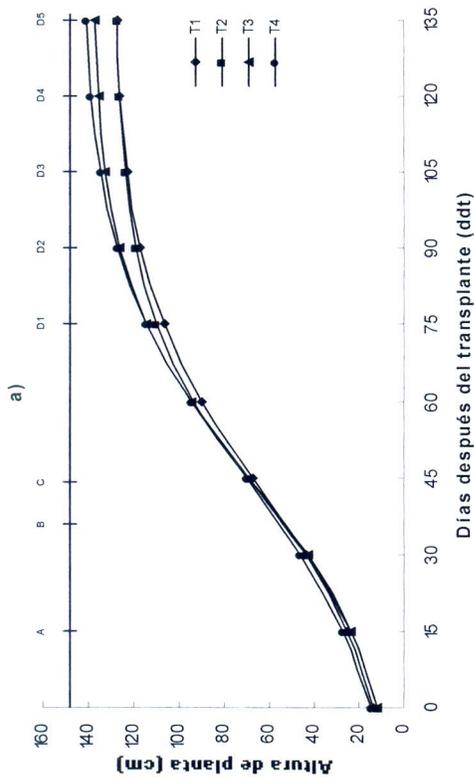
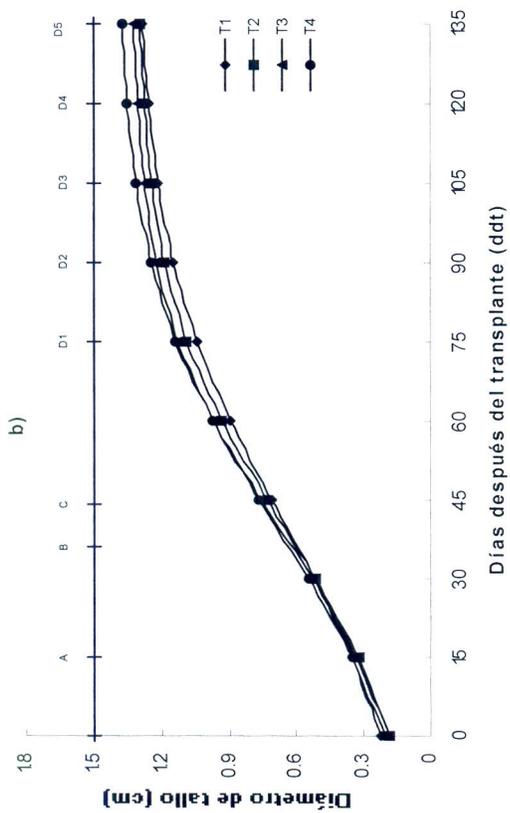


FIGURA 1. Comportamiento de las variables morfológicas a) altura de planta, b) diámetro de tallo y c) número de bifurcaciones del tallo principal durante el ciclo de cultivo de chile poblano var. Caballero, en cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner. A: Bifurcación del tallo principal; B: Floración; C: Amarre y crecimiento de fruto; D1, D2, D3, D4, D5: 1°, 2°, 3°, 4°, y 5° corte respectivamente; T1: 50 %; T2: 75 %; T3: 100 %; T4: 125 %. Chapingo, México. 2005.

Al considerar la fenología, en términos generales los cuatro tratamientos expresaron una tendencia similar en altura de planta, diámetro de tallo y número de bifurcaciones del tallo principal, con un desarrollo acelerado en las etapas vegetativas tempranas de bifurcación del tallo principal, floración, amarre y crecimiento de fruto (75 ddt), sin embargo al entrar la planta a fructificación se presentó una menor velocidad de crecimiento en las variables mencionadas, debido a la madurez comercial donde la mayor cantidad de fotoasimilados son canalizados al producto de interés, los frutos (Figura 1).

5.1.3. Número de hojas y área foliar

CUADRO 13. Modelos matemáticos con los que se estimaron los datos de número de hojas y área foliar por planta, durante el ciclo del cultivo de chile poblano var. Caballero, en cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner. Chapingo, México. 2005.

Variable	Tratamiento	Modelos	r [†]
Número de hojas	T1	$y = 568.8 / (1+28.9196e^{-0.0302*ddt})$	0.96
	T2	$y = 414.2 / (1+22.6201e^{-0.0370*ddt})$	0.94
	T3	$y = 322.1 / (1+131.1e^{-0.0744*ddt})$	0.95
	T4	$y = 844.1 / (1+37.0939e^{-0.0286*ddt})$	0.92
Área foliar	T1	$y = 7565.8 / (1+247.9e^{-0.0867*ddt})$	0.97
	T2	$y = 6978.2 / (1+91.7587e^{-0.0717*ddt})$	0.96
	T3	$y = 7565.8 / (1+247.9e^{-0.0867*ddt})$	0.98
	T4	$y = 8752.2 / (1+119.7e^{-0.0706*ddt})$	0.97

y:número de hojas y área foliar estimado (cm²); ddt:días después del transplante; †Correlación lineal entre valores observados y estimados; T1:50 %; T2:75 %; T3:100 %; T4:125 %, de la solución nutritiva de steiner.

De acuerdo con el análisis de varianza en número de hojas (Cuadro 2A y 14), se encontró diferencia significativa en 75 y 135 ddt, que correspondieron al primer y quinto corte, respectivamente. A los 75 ddt el T3 se mostró superior con 219 hojas, sin embargo a los 135 ddt el T4 fue superior en esta variable al resto de los tratamientos con 517 hojas por planta favoreciendo mayor área foliar (9535 cm²) (Cuadro 14). La velocidad de crecimiento fue similar en número de hojas y área foliar para los cuatro tratamientos, en las etapas vegetativas iniciales (75 ddt), pero al entrar la planta en producción, aunque el número de hojas sigue en incremento, éstas son de menor tamaño (Figura 2).

Estos resultados sugieren que a mayor número de hojas existe mayor área foliar y con ello una mayor superficie de intercepción de radiación lo que determina la magnitud del sistema fotosintético (Tanaka y Junichi, 1972).

CUADRO 14. Comparación de medias del número de hojas y área foliar por planta, durante el ciclo del cultivo de chile poblano var. Caballero, en cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner. Chapingo, México. 2005.

DDT	T1 (50%)		T2 (75%)		T3 (100%)		T4 (125%)		DMS
----- Número de hojas -----									
0	7.00	a	6.00	a	6.50	a	6.67	a	3.27
15	11.33	a	13.33	a	11.33	a	12.00	a	4.54
30	26.33	a	28.33	a	25.67	a	24.67	a	5.43
45	46.33	a	54.00	a	45.33	a	52.00	a	10.23
60	130	a	170.67	a	136	a	133.67	a	78.00
75	167	b	194.67	ab	219.33	a	188.33	ab	44.44
90	198.33	a	213.67	a	257.00	a	231.00	a	68.28
105	255.00	a	257.67	a	338.33	a	336.33	a	212.60
120	279.33	a	315.67	a	290.00	a	285.67	a	192.19
135	406.00	b	381.00	b	329.33	b	517.00	a	98.82
----- Área foliar (cm ²) -----									
0	30.00	a	26.00	a	30.33	a	26.33	a	14.27
15	53.00	a	64.33	a	61.33	a	67.33	a	31.12
30	323.67	a	366.00	a	339.33	a	333.00	a	177.41
45	1044.4	a	1034.1	a	1106.40	a	1184.2	a	364.30
60	2405.80	a	3727.60	a	3459.50	a	3346.00	a	1353.2
75	3992.80	a	4984.30	a	5293.30	a	5886.10	a	1991.30
90	4224.90	b	5684.00	ab	6845.20	a	6959.30	a	2616.20
105	5004.00	a	5907.00	a	7679.00	a	7682.00	a	3681.20
120	5754.40	a	7350.50	a	7367.40	a	8117.80	a	2471.00
135	6615.50	b	7316.50	b	7487.30	ab	9535.00	a	2113.50

Medias con la misma letra en cada hilera son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$); DDT:días después del transplante; DMS:Diferencia mínima significativa.

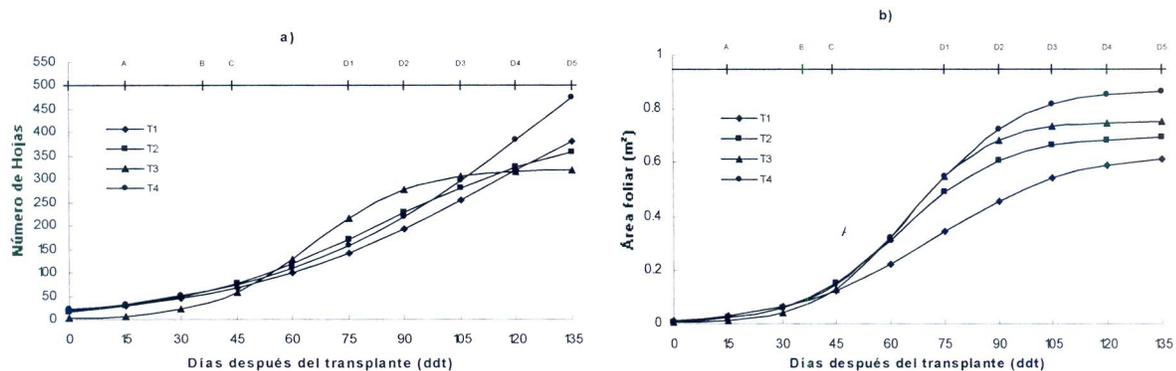


FIGURA 2. Comportamiento de las variables morfológicas, a) número de hojas y b) área foliar, durante el ciclo de cultivo de chile poblano var. Caballero, en cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner. A: Bifurcación del tallo principal; B: Floración; C: Amarre y crecimiento de fruto; D1, D2, D3, D4, D5: 1°, 2°, 3°, 4°, y 5° corte respectivamente; T1: 50 %; T2: 75 %; T3: 100 %; T4: 125 %. Chapingo, México. 2005.

5.1.4. Rendimiento y calidad de fruto

5.1.4.1. Número, peso de fruto por planta e índice de cosecha

El análisis de varianza de número de frutos total por planta, no mostró diferencias significativas ($P \leq 0.05$) en tratamientos (Cuadro 3A), el número de frutos fue similar donde numéricamente el T4 fue superior (Cuadro 15).

En cuanto a calidad, el T4 tuvo 38, 28 y 26 % de frutos de primera, segunda y tercera calidad respectivamente y 8 % de frutos no comerciales, superado en estos parámetros por T2 con 54, 28 y 14 % de frutos de primera, segunda y tercera calidad respectivamente, registrando el menor porcentaje en frutos no comerciales (4 %), lo cual mostró ser un tratamiento muy eficiente en el uso de nutrientes expresado en cantidad y calidad de frutos producidos, el índice de cosecha para los cuatro tratamientos estuvo en el rango de 0.55 a 0.62 (Cuadro 15).

CUADRO 15. Comparación de medias por calidad, número de frutos total por planta, e índice de cosecha en chile poblano var. Caballero, en cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner. Chapingo, México. 2005.

Tratamiento	1 ^a		2 ^a		3 ^a		NC		TOT		IC	
T1	11.00	a	8.33	a	4.00	a	2.67	a	26.00	a	0.55	a
T2	14.67	a	7.67	a	4.00	a	1.33	a	27.67	a	0.60	a
T3	12.67	a	4.67	a	6.00	a	2.50	a	25.00	a	0.59	a
T4	14.67	a	11.00	a	9.67	a	5.00	a	38.67	a	0.62	a
CV	31.80		42.78		86.32		47.51		19.32		5.94	
DMS	11.91		9.57		14.43		4.77		16.02		0.096	
Media	13.25		7.92		5.92		2.88		29.33		0.59	

Medias con la misma letra en cada columna son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$); CV: Coeficiente de variación; DMS: Diferencia mínima significativa; 1^a: Frutos de primera; 2^a: Frutos de segunda; 3^a: Frutos de tercera; NC: Frutos no comerciales; TOT: Número de frutos total; IC: Índice de cosecha; T1: 50 %; T2: 75 %; T3: 100 %; T4: 125 %, de la solución nutritiva de Steiner.

En peso de fruto por planta, no se encontraron diferencias estadísticas (Cuadro 4A), a excepción del cuarto corte (120 ddt), donde el T1 y T4 produjeron los frutos por planta de mayor peso (Cuadro 16), y aunque en el quinto corte se registraron los mayores valores de esta variable no existieron diferencias significativas entre tratamientos.

El peso fresco total por planta, no tuvo diferencias significativas (Cuadro 4A y 16), los tratamientos siguieron un comportamiento similar en madurez comercial a partir del primer corte (75 ddt) con un máximo en los cuatro tratamientos a los 135 ddt, dado lo anterior no hubo efecto de las concentraciones de la solución nutritiva en rendimiento, aunque sin diferencias significativas el mayor peso fresco en el T4 se le atribuye a la mayor disponibilidad de nutrientes a lo largo del ciclo del cultivo (Figura 3).

CUADRO 16. Comportamiento de los tratamientos evaluados en peso promedio y peso fresco total de fruto por planta, en cinco cortes de fruto de chile poblano var. Caballero, en cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner. Chapingo, México. 2005.

Tratamientos	Cortes									
	1 ^{er}		2 ^{do}		3 ^{er}		4 ^{to}		5 ^{to}	
	----- Peso promedio de fruto (g) -----									
T1	37.55	a	49.05	a	58.07	a	72.39	a	71.07	a
T2	44.43	a	45.28	a	49.97	a	67.04	ab	75.03	a
T3	40.46	a	49.49	a	56.69	a	57.71	b	72.51	a
T4	41.00	a	49.35	a	62.24	a	72.09	a	68.48	a
CV	12.93		20.95		16.50		5.20		13.53	
DMS	14.94		28.60		26.46		9.90		27.46	
Media	40.86		48.29		56.74		67.31		71.77	
	----- Peso fresco total (g) -----									
T1	364.50	a	682.2	a	1260.1	a	1397.4	a	1686.0	a
T2	374.80	a	808.7	a	1094.9	a	1818.5	a	1969.5	a
T3	367.43	a	846.4	a	1285.7	a	1906.0	a	1710.3	a
T4	316.53	a	743.1	a	1195.2	a	1926.0	a	2401.5	a
CV	27.90		29.74		18.67		18.02		14.30	
DMS	280.64		647.3		638.12		897.43		785.05	
Media	355.82		770.1		1208.98		1761.98		1941.83	

Medias con la misma letra en cada columna son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$); CV: Coeficiente de variación; DMS: Diferencia mínima significativa; T1: 50 %; T2: 75 %; T3: 100 %; T4: 125 %, de la solución nutritiva de Steiner.

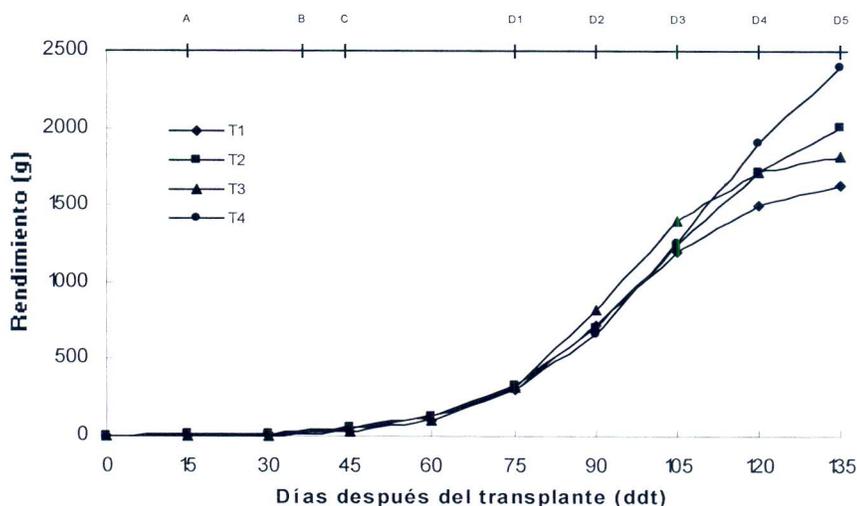


FIGURA 3. Comportamiento del rendimiento en el cultivo de chile poblano var. Caballero, en cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner. A: Bifurcación del tallo principal; B: Floración; C: Amarre y crecimiento de fruto; D1, D2, D3, D4, D5: 1°, 2°, 3°, 4°, y 5° corte respectivamente; T1: 50%; T2: 75%; T3: 100%; T4: 125%. Chapingo, México. 2005.

5.1.4.2. Longitud y volumen de fruto

El análisis de varianza no presentó diferencias significativas en longitud y volumen de fruto (Cuadro 5A), a excepción del cuarto corte (120 ddt), donde el T1 obtuvo la mayor longitud de fruto (13.33 cm), mientras que el volumen de fruto fue similar en los cuatro tratamientos (Cuadro 17).

En general, se obtuvieron frutos con longitud comercial (>10 cm), que alcanzan un mayor precio al momento de su comercialización (Laborde y Pozo, 1984).

CUADRO 17. Expresión de los tratamientos evaluados en longitud y volumen de fruto, durante el ciclo del cultivo de chile poblano var. Caballero, en cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner. Chapingo, México. 2005.

Tratamientos	Cortes									
	1		2		3		4		5	
----- Longitud de fruto (cm) -----										
T1	10.25	a	12.00	a	13.80	a	13.33	a	13.06	a
T2	10.91	a	11.33	a	11.57	a	12.07	ab	12.93	a
T3	11.19	a	12.00	a	13.93	a	12.70	ab	12.53	a
T4	11.89	a	11.67	a	11.30	a	11.50	b	12.23	a
CV	8.54		6.80		19.13		5.01		5.95	
DMS	2.67		2.26		6.84		1.76		2.13	
Media	11.06		11.75		12.65		12.4		12.69	
----- Volumen de fruto (ml) -----										
T1	71.48	a	105.10	a	112.00	a	126.31	a	130.30	a
T2	71.23	a	97.80	a	102.20	a	129.01	a	133.67	a
T3	71.14	a	100.63	a	116.33	a	101.79	a	131.33	a
T4	86.72	a	99.10	a	119.00	a	121.31	a	112.67	a
CV	16.97		21.37		14.95		10.50		13.72	
DMS	36.02		60.79		47.48		35.49		49.24	
Media	75.14		100.66		112.38		119.61		126.99	

Medias con la misma letra en cada columna son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$); CV: Coeficiente de variación; DMS: Diferencia mínima significativa; T1: 50 %; T2: 75 %; T3: 100 %; T4: 125 %, de la solución nutritiva de Steiner.

5.1.5. Distribución de la biomasa aérea

CUADRO 18. Modelos matemáticos con los que se estimaron los datos de peso seco de hoja, tallo, fruto y total, durante el ciclo del cultivo de chile poblano var. Caballero, en cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner. Chapingo, México. 2005.

Variable	Tratamiento	Modelos	r†
Hoja	T1	$y = 50.3223 / (1+86.8903e^{-0.0487*ddt})$	0.98
	T2	$y = 62.1195 / (1+69.386e^{-0.0442*ddt})$	0.96
	T3	$y = 55.6552 / (1+111.8e^{-0.0553*ddt})$	0.98
	T4	$y = 76.7058 / (1+68.3111e^{-0.0430*ddt})$	0.97
Tallo	T1	$y = 62.1195 / (1+69.386e^{-0.0442*ddt})$	0.97
	T2	$y = 105 / (1+38.6743e^{-0.0345*ddt})$	0.94
	T3	$y = 79.1606 / (1+79.5759e^{-0.0526*ddt})$	0.97
	T4	$y = 127.4 / (1+44.9842e^{-0.0355*ddt})$	0.96
Fruto	T1	$y = 62.1195 / (1+69.386e^{-0.0442*ddt})$	0.97
	T2	$y = 196.9 / (1+82.45e^{-0.0928*ddt})$	0.96
	T3	$y = 187.3 / (1+10998.2e^{-0.099*ddt})$	0.96
	T4	$y = 326 / (1+942.5e^{-0.06*ddt})$	0.98
Total	T1	$y = 298.5 / (1+208e^{-0.0543*ddt})$	0.98
	T2	$y = 366.7 / (1+285.2e^{-0.0571*ddt})$	0.97
	T3	$y = 327.5 / (1+592.8e^{-0.0701*ddt})$	0.99
	T4	$y = 622.1 / (1+173.8e^{-0.0434*ddt})$	0.98

y: Peso estimado en gramos de la materia seca total acumulada en hojas, tallos, frutos y total; ddt:días después del transplante; †Correlación lineal entre valores observados y estimados; T1:50 %; T2:75 %; T3:100 %; T4:125 %, de la solución nutritiva de Steiner.

5.1.5.1. Distribución de la materia seca por tratamiento

Al analizar los datos de acumulación de materia seca en hoja, tallo, fruto y total, en los tratamientos solo hubo diferencias significativas en tallo, hoja y total a los 30 y 135 ddt (Cuadro 9A), donde fue superior el T4 con 4.24 y 68.74 g en hoja, 7.82 y 101.37 g en tallo, 12.6 y 428.14 g en materia seca total respectivamente, donde el T1 presentó los valores más bajos en estas estructuras vegetales (Cuadro 19).

CUADRO 19. Comparación de medias de la acumulación de materia seca en hoja, tallo, fruto y total por planta y por tratamiento, durante el ciclo del cultivo de chile poblano var. Caballero, en cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner. Chapingo, México. 2005.

DDT	T1 (50%)		T2 (75%)		T3 (100%)		T4 (125%)		DMS
----- Hoja (g) -----									
0	0.18	a	0.17	a	0.15	a	0.18	a	0.09
15	0.22	a	0.22	a	0.24	a	0.24	a	0.07
30	2.80	b	3.61	ab	3.90	ab	4.24	a	1.16
45	3.36	a	4.14	a	4.41	a	4.85	a	1.74
60	6.46	a	7.88	a	7.59	a	7.49	a	1.75
75	17.50	a	22.23	a	23.77	a	25.33	a	8.47
90	26.53	a	27.28	a	31.02	a	35.16	a	8.94
105	32.68	a	35.98	a	42.90	a	44.63	a	19.41
120	35.60	a	44.07	a	42.77	a	46.25	a	13.46
135	48.06	b	54.43	b	56.11	ab	68.74	a	13.54
----- Tallo (g) -----									
0	0.05	a	0.25	a	0.09	a	0.06	a	0.40
15	0.18	a	0.17	a	0.19	a	0.18	a	0.12
30	5.08	b	5.13	b	7.61	a	7.82	a	1.91
45	7.21	a	7.86	a	7.62	a	8.63	a	2.44
60	11.83	a	15.36	a	13.43	a	13.77	a	4.65
75	29.00	a	37.03	a	36.40	a	38.87	a	16.49
90	37.80	a	41.77	a	45.87	a	53.90	a	18.46
105	44.40	a	48.30	a	62.77	a	61.03	a	29.36
120	48.93	a	57.23	a	59.47	a	62.60	a	21.20
135	77.13	b	82.20	ab	80.50	ab	101.37	a	20.93
----- Fruto (g) -----									
60 *	2.46	a	2.65	a	1.97	a	1.90	a	1.77
75	26.86	a	25.79	a	30.40	a	26.30	a	17.25
90	53.60	a	64.10	a	72.78	a	63.07	a	55.18
105	110.90	a	136.11	a	138.96	a	130.24	a	59.92
120	118.99	a	171.94	a	180.22	a	180.31	a	63.08
135	150.20	a	193.25	a	179.57	a	257.92	a	109.18
----- Total (g) -----									
0	0.23	a	0.42	a	0.26	a	0.24	a	0.49
15	0.39	a	0.39	a	0.42	a	0.42	a	0.19
30	7.88	b	8.74	b	11.50	a	12.06	a	1.69
45	10.56	a	12.00	a	12.03	a	13.07	a	3.84
60	20.77	a	25.90	a	23.00	a	23.17	a	7.40
75	73.36	a	85.05	a	90.57	a	90.17	a	34.47
90	117.93	a	133.16	a	149.67	a	151.86	a	75.14
105	187.95	a	220.40	a	244.63	a	235.87	a	97.29
120	203.53	a	273.25	a	282.47	a	289.13	a	89.53
135	275.38	b	329.94	ab	316.19	ab	428.14	a	138.77

Medias con la misma letra en cada hilera son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$); ddt:días después del transplante; DMS:Diferencia mínima significativa; * frutos no comerciales.

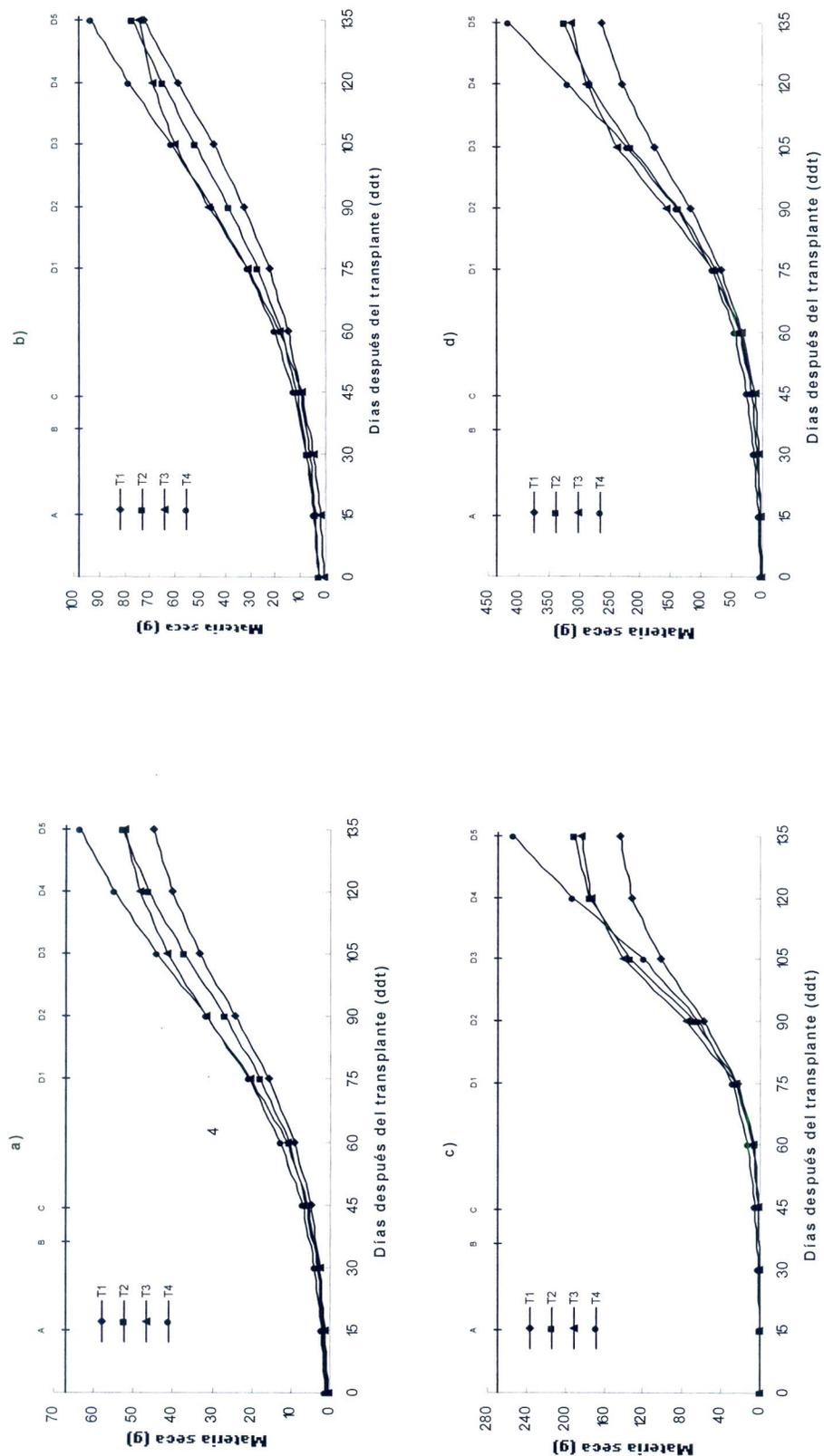


FIGURA 4. Acumulación de la materia seca total en: a) Hoja, b) Tallo, c) Fruto y d) Total, durante el ciclo del cultivo de chile poblano var. Caballero, en cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner. A:Floración; B:Amarre y crecimiento de fruto; D1, D2, D3, D4, D5:1°, 2°, 3°, 4°, y 5° corte respectivamente; T1:50 %; T2:75 %; T3:100 %; T4:125 %. Chapingo, México. 2005.

Acorde con la fenología del cultivo la acumulación y distribución de la materia seca por órgano en los cuatro tratamientos evaluados, mostraron una tendencia similar a lo largo del ciclo del cultivo, la mayor acumulación de materia seca se presentó a partir de los 60 ddt con la presencia de fruto (fructificación) para lograr un máximo de acumulación por órgano y total al final del ciclo del cultivo, en términos generales los tratamientos tuvieron efecto a nivel de estructuras vegetativas pero no reproductivas (frutos), esto a su vez indica que el estado nutrimental de las plantas fue muy similar en los cuatro tratamientos (Figura 4).

5.1.5.2. Distribución de la materia seca por órgano

En términos generales, al analizar en los tratamientos la acumulación y distribución de la materia seca por órgano a lo largo del ciclo del cultivo, se encontró que en la etapa vegetativa que abarca desde bifurcación del tallo principal (15 ddt) hasta iniciar la fase reproductiva (60 ddt), la mayor acumulación de materia seca se presentó en tallo y hojas, después de los 60 ddt inició una acumulación dominante en el fruto hasta el final del ciclo del cultivo (Cuadro 20) (Figura 5 y 6).

CUADRO 20. Distribución relativa de la materia seca total por órgano a los 60 y 135 días después del trasplante, durante el ciclo del cultivo de chile poblano var. Caballero, en cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner. Chapingo, México. 2005.

Variable	T1		T2		T3		T4	
	60 ddt	135 ddt	60 ddt	135 ddt	60 ddt	135 ddt	60 ddt	135 ddt
	----- % de materia seca -----							
Hoja	28	17	30	16	31	17	28	15
Tallo	48	28	52	24	51	24	45	23
Fruto	24	55	18	60	18	59	27	62
Total	100	100	100	100	100	100	100	100

ddt:días después del trasplante; T1:50 %; T2:75 %; T3:100 %; T4:125 %, de la solución nutritiva de Steiner.

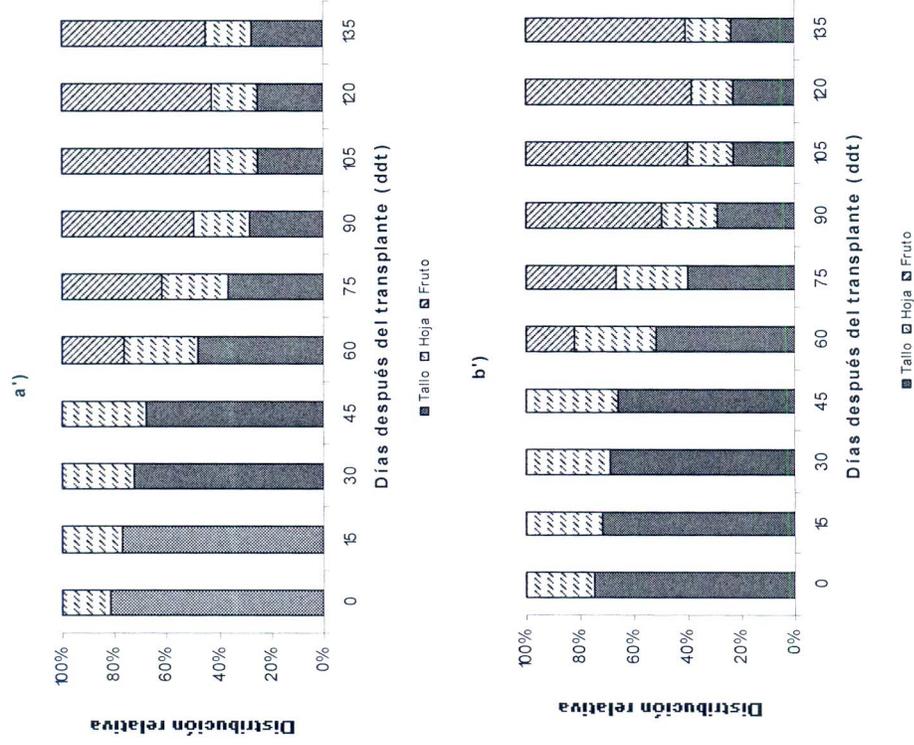
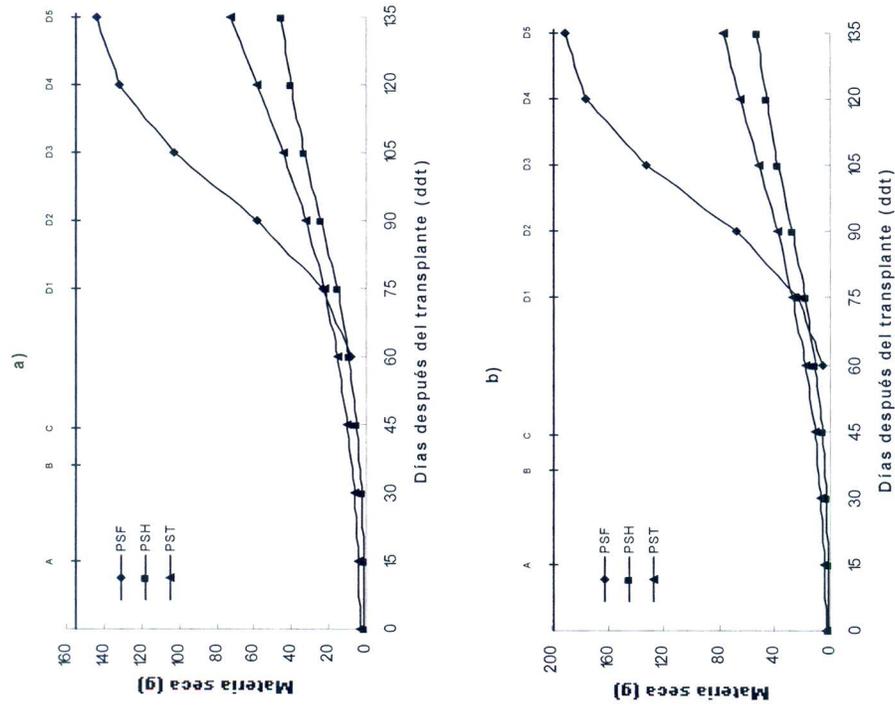


FIGURA 5. Acumulación y distribución relativa de la materia seca total por órgano a), a') corresponde al T1; b), b') corresponde al T2; PSF: Peso seco fruto; PSH: Peso seco hoja; PST: Peso seco tallo, durante el ciclo del cultivo de Chile poblano var. Caballero, en cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner. A: Bifurcación del tallo principal, B: Floración, C: Amarre y crecimiento de fruto; D1, D2, D3, D4, D5: 1°, 2°, 3°, 4° y 5° corte respectivamente. Chapingo, México. 2005.

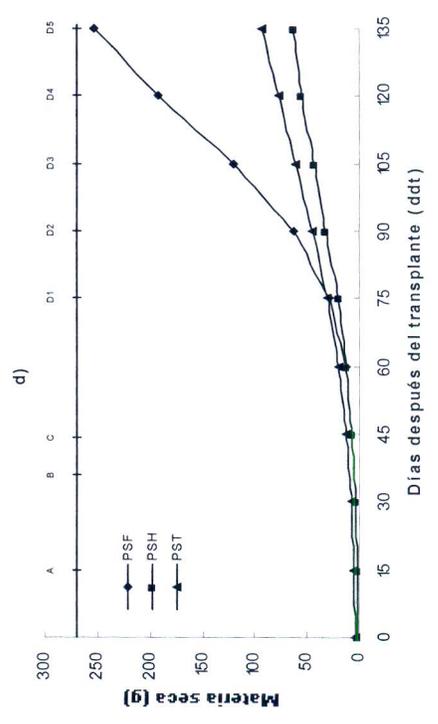
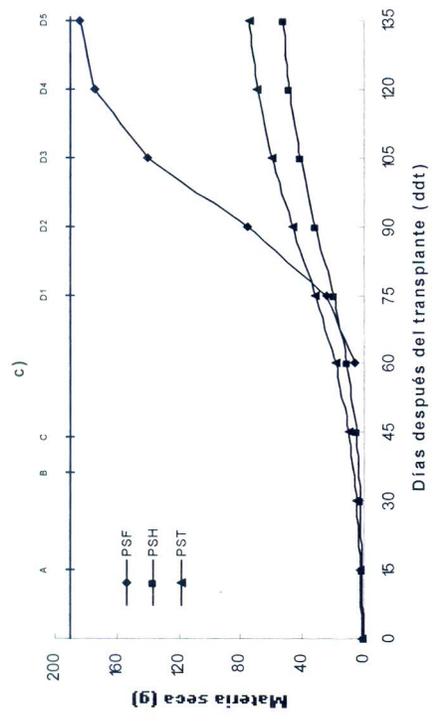
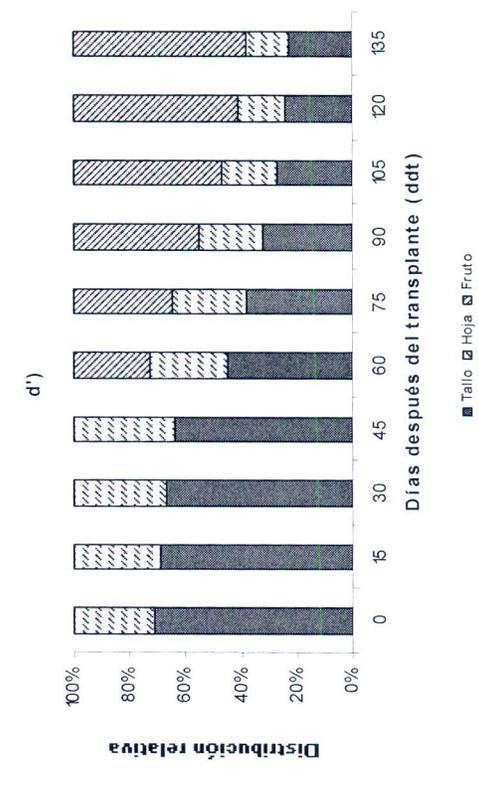
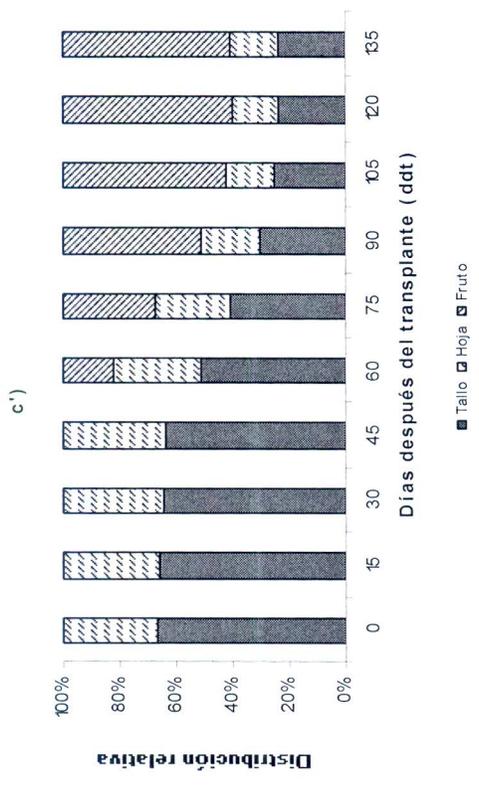


FIGURA 6. Acumulación y distribución relativa de la materia seca total por órgano c), c') corresponde al T4. PSF:Peso seco fruto, PSH:Peso seco hoja, PST:Peso seco tallo, durante el ciclo del cultivo de chile poblano var. Caballero, en cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner. A: Bifurcación del tallo principal, B: Floración, C: Amarre y crecimiento de fruto; D1, D2, D3, D4, D5: 1°, 2°, 3°, 4° y 5° corte respectivamente. Chapingo, México. 2005.

5.1.6. Tasas de crecimiento del cultivo

5.1.6.1. Tasa absoluta de crecimiento (TAC)

Las plantas alcanzaron su máxima TAC en diferentes momentos (Figura 7a), el T1 y T2 a 105 ddt, el T3 a 90 y T4 120 ddt, puede atribuirse a la precocidad en que ocurrió la diferenciación celular y aparición de hojas, ramas, flores y frutos en donde los tratamientos de menor concentración de solución nutritiva fueron los que aceleraron su desarrollo al existir posibles restricciones nutrimentales. En los cuatro tratamientos, el comportamiento de la TAC fue progresivo hasta llegar a un máximo en el intervalo de 0 a 135 ddt (Figura 7a), en los primeros 60 ddt existió un crecimiento lento dado el periodo de adaptación y a la gran división celular marcada por la bifurcación del tallo principal, floración, amarre y crecimiento de fruto, al llegar a madurez comercial se logró la máxima TAC e inmediatamente se observó su disminución en todos los tratamientos (Figura 7a).

La mayor TAC la presentaron las plantas irrigadas con solución nutritiva al 125 % de concentración (T4) a 120 ddt con $6.74 \text{ g}\cdot\text{día}^{-1}$ expresado en mayor número de frutos, rendimiento, peso seco de hoja y tallo (Cuadros 15, 16, 19), mientras que las plantas irrigadas con solución al 50 % presentaron una menor TAC a los 105 ddt con $3.92 \text{ g}\cdot\text{día}^{-1}$. Otro aspecto importante es que la TAC en las plantas irrigadas con solución al 50 %, 75 % y 100 % (T1, T2 y T3), a partir de los 90 ddt, decreció; mientras que el T4 presenta tal comportamiento después de alcanzar su máxima TAC a los 120 ddt, lo cual se justifica por la mayor disponibilidad de nutrimentos a lo largo del ciclo del cultivo.

En los cuatro tratamientos se encontró que una vez que alcanzaron sus máximos valores de TAC, estos disminuyeron inmediatamente, ningún tratamiento mantuvo una tasa promedio constante en la acumulación de materia seca total. Este comportamiento es típico de la TAC para cultivos como chile morrón (Cruz, 2001) y frijol (Esquivel, 1999). Sin embargo, en otro estudio de chile manzano cultivado a campo abierto, el comportamiento se mantuvo con fluctuaciones en los valores de la TAC durante todo

el ciclo del cultivo dado su crecimiento indeterminado (Domínguez y García, 1997), comportamiento similar ocurre en chile mirador cultivado en invernadero (Antonio, 2000).

La ventaja de las plantas del T2 y T3 de alcanzar más rápidamente sus máximas TAC, se traduce en un uso más eficiente de los recursos agua, nutrientes, radiación disponible, donde en un sistema de producción intensiva, no sólo es importante el uso eficiente del espacio, sino también del tiempo requerido para la producción de frutos.

5.1.6.2. Tasa relativa de crecimiento (TRC)

Una vez que las plantas de los cuatro tratamientos, alcanzaron sus valores máximos de TRC (0 a 45 ddt), tendieron a disminuir rápidamente, ningún tratamiento mantuvo una tasa promedio constante en la acumulación de materia seca total en función del peso seco acumulado hasta ese momento (Figura 7b). Este comportamiento de la TRC es típico ya que presenta tasas altas al principio del ciclo del cultivo y bajas a medida que transcurre el tiempo, alcanzando incluso valores de cero al final del ciclo. Este comportamiento fue observado en chile manzano (Barraza, 2000), tomate de cáscara y lechuga (Rodríguez y Flores, 2000), sin embargo en chile manzano cultivado a campo abierto dado su crecimiento indeterminado (Domínguez y García, 1997), así como chile mirador; al igual que en la TAC, los valores de la TRC fueron variables a lo largo del ciclo del cultivo (Antonio, 2000).

En la TRC a diferencia de la TAC, los valores se incrementaron en las primeras etapas de crecimiento, mientras que en la TAC los valores más altos fueron obtenidos en las etapas finales, esto se debió a que en las etapas iniciales se presentó una fuerte división celular en función de la ya presente.

En los cuatro tratamientos en chile poblano, la TRC aumentó rápidamente en el intervalo de 0 a 45 ddt, periodo de activa diferenciación floral, reflejado en los valores máximos en esa etapa fenológica. En el periodo de 45 a 135 ddt, la disminución de la TRC fue muy alta ($0.0031 \text{ g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{día}^{-1}$) evidenciando la

decreciente actividad meristemática en la planta, aunque de acuerdo a los valores de la TAC el peso aumentó con el tiempo. En los primeros 30 días después del trasplante el T3 presentó una mayor eficiencia en la producción de materia seca ($0.07 \text{ g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{día}^{-1}$), siendo el T4 el menos eficiente con $0.043 \text{ g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{día}^{-1}$. Sin embargo, a 135 ddt el T4 se mostró superior con $0.0144 \text{ g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{día}^{-1}$, al respecto en trabajos similares en chile manzano, la máxima TRC se registró en los primeros días después del trasplante (Barraza, 2000).

5.1.6.3. Tasa de asimilación neta (TAN)

Los tratamientos estudiados cuando alcanzaron los máximos valores de TAN, inmediatamente disminuyeron (Figura 7c), mostrando una tendencia similar en el intervalo de los 45 a 90 ddt para posteriormente disminuir en la acumulación de materia seca total al final del ciclo, este es el comportamiento típico de la TAN mismo que se ha observado en chile manzano (Barraza, 2000) y chile mirador (Antonio, 2000), con valores máximos en las primeras etapas de desarrollo, lo anterior sugiere que en este periodo de crecimiento la planta debe abastecerse de una mayor cantidad de nutrimentos, debido a que en esta etapa se acumula mayor cantidad de fotoasimilados, posteriormente los valores disminuyen con ligeras fluctuaciones a lo largo del ciclo del cultivo, esta disminución se atribuye a que las hojas internas e inferiores del dosel (sombreadas) al no recibir suficiente radiación no fotosintetizan eficientemente, por lo que la producción de materia seca es nula, al respecto Gardner *et al.* (1990) menciona que la TAN no es constante con el tiempo y que muestra una tendencia a disminuir con la edad de la planta. Los cuatro tratamientos alcanzaron sus máximos valores de TAN en 0 a 90 ddt según la cantidad en número y madurez de las hojas en la planta. De 0 a 60 ddt los tratamientos T2, T3 y T4 presentaron la misma tendencia en la ganancia neta de peso seco por unidad de área foliar, siendo el T4 el que presentó una mayor TAN ($2.1174 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{día}^{-1}$).

Los resultados anteriores son congruentes con lo señalado por Reta (1986), quien menciona que conforme aumenta el crecimiento del cultivo, también el índice de área foliar y dada la tendencia de

autosombreo, los valores de la TAN tienden a disminuir, aunque ocasionalmente aumentan durante floración y llenado de fruto (Esquivel, 1999).

5.1.6.4. Razón de área foliar (RAF)

La variación del área foliar con respecto al peso seco total fue distinta entre tratamientos. El T1 fue el que presentó la mayor RAF de 0 a 30 ddt ($98.6274 \text{ cm}^2\cdot\text{g}^{-1}$), mientras que T2 y T3 mostraron su máxima RAF a 45 ddt con 93.52 y $101.1887 \text{ cm}^2\cdot\text{g}^{-1}$, respectivamente. El T4 presentó su máxima RAF a 60 ddt ($71.3384 \text{ cm}^2\cdot\text{g}^{-1}$). Los tratamientos evaluados, después de haber alcanzado su máxima RAF, tomaron una tendencia descendente en los periodos subsiguientes. De lo que se deduce que el tratamiento más eficiente de 0 a 60 ddt es el T4, mientras que de 60 a 135 ddt el más eficiente fue el T1 (Figura 7d).

5.1.7. Correlaciones

En cada tratamiento se obtuvo una alta significancia entre los caracteres evaluados ($P \leq 0.05$) (Cuadro 7A y 8A), la mayoría de las variables evaluadas presentó una correlación positiva superior a $r=0.8$, favoreciendo con ello rendimiento y a su vez índice de cosecha, lo anterior indica que plantas de mayor altura favorece un mayor número de bifurcaciones del tallo principal o ramificaciones y número de frutos considerando que un aspecto morfológico propio del género *Capsicum* es la presencia de un fruto en cada bifurcación y una hoja como fuente inmediata, un mayor número de hojas, expresado en área foliar, favorece un mayor rendimiento expresado en peso fresco, acumulación de materia seca por órganos y por tratamientos, donde se mostró superior la participación del fruto según los índices de cosecha obtenidos.

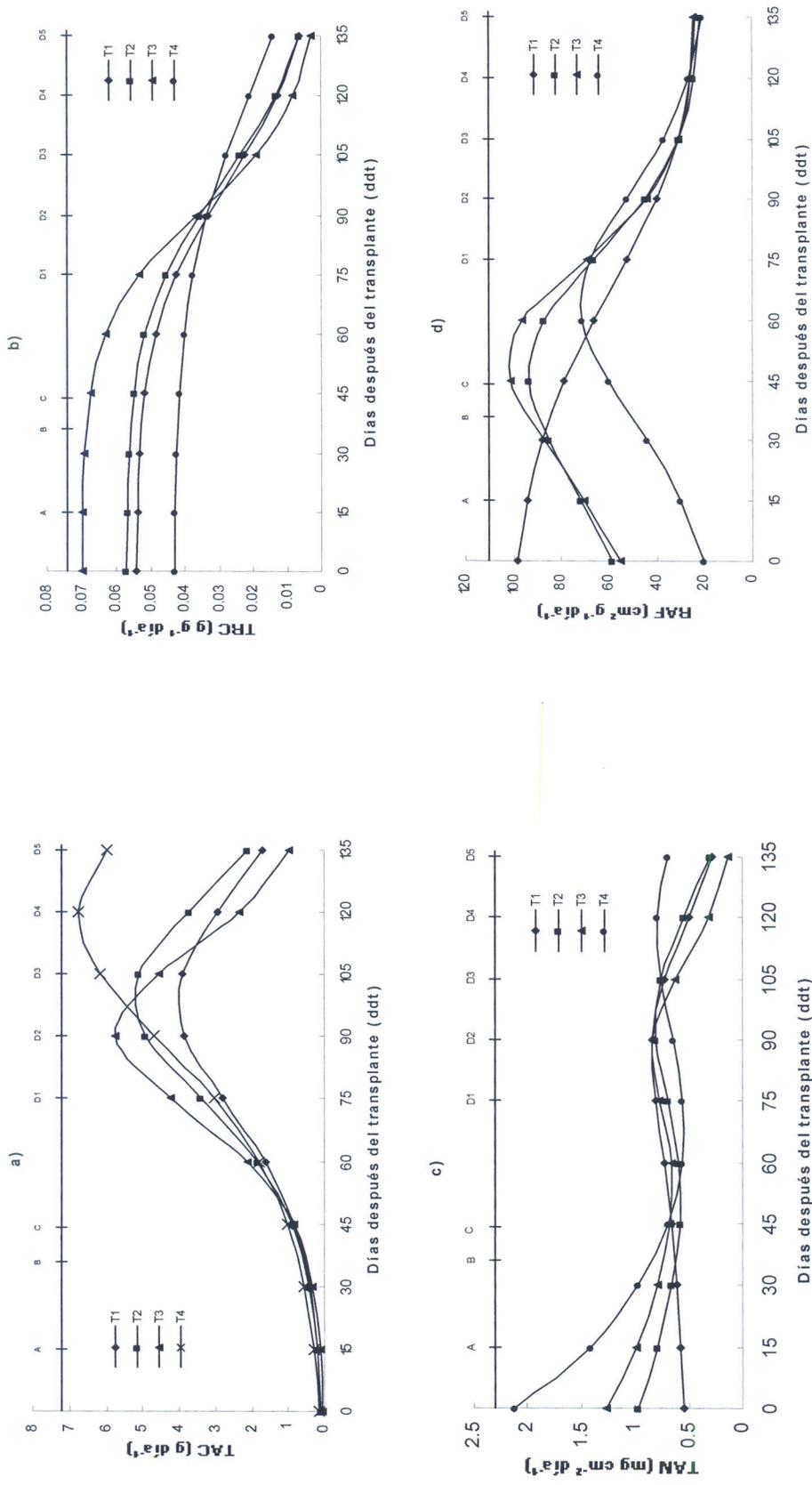


FIGURA 7. a) Tasa absoluta de crecimiento (TAC), b) Tasa relativa de crecimiento (TRC), c) Tasa de asimilación neta (TAN) y d) Razón de área foliar (RAF), durante el ciclo del cultivo de Chile poblano var. Caballero, en cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner. A: Bifurcación del tallo principal; B: Floración; C: Amarre y crecimiento de fruto; D1, D2, D3, D4, D5: 1°, 2°, 3°, 4° y 5° corte respectivamente; T1: 50%; T2: 75%; T3: 100%; T4: 125%. Chapingo, México. 2005.

5.2. DINÁMICA NUTRIMENTAL

Los valores observados de contenido nutrimental de los tratamientos fueron ajustados mediante ecuaciones polinomiales por medio de regresión (Cuadro 21).

CUADRO 21. Modelos matemáticos con los que se estimaron los datos de contenido de Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Calcio y Magnesio, durante el ciclo de cultivo de chile poblano var. Caballero, en cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner. Chapingo, México. 2005.

Nutrimento	Tratamiento	Modelos	r [†]
N	T1	$y = 2.7491 + 0.12256D - 0.00145D^2 + 5.34 \times 10^{-6} D^3 - 0.33477DR$	0.82
	T2	$y = 2.73727 - 0.00056353D^2 + 2.49 \times 10^{-6} D^3 + 0.28548DR$	0.94
	T3	$y = 2.74402 - 0.00059542D^2 + 2.76 \times 10^{-6} D^3 + 0.30574DR$	0.95
	T4	$y = 2.76291 - 0.03431D - 6.37074 \times 10^{-8} D^3 + 0.34361DR$	0.84
P	T1	$y = 0.16755 - 1.68247 \times 10^{-7} D^3 + 0.0385DR$	0.63
	T2	$y = 0.1763 - 0.00008534D^2 + 2.790222 \times 10^{-7} D^3 + 0.0748DR$	0.81
	T3	$y = 0.17832 + 0.02498D - 4.0495 \times 10^{-4} D^2 + 1.65 \times 10^{-6} D^3 + 0.00595DR$	0.93
	T4	$y = 0.17321 - 0.00015398D^2 + 6.561907 \times 10^{-7} D^3 + 0.10761DR$	0.85
K	T1	$y = 3.37968 - 5.15393 \times 10^{-7} D^3$	0.45
	T2	$y = 3.59495 - 0.00010224D^2$	0.69
	T3	$y = 3.55967 - 0.00007815D^2$	0.65
	T4	$y = 3.3797 - 0.00009143D^2$	0.76
Ca	T1	$y = 0.89965 + 0.00448D$	0.42
	T2	$y = 0.94287 - 0.00695D + 0.09442DR$	0.37
	T3	$y = 0.93704 - 0.01132D + 0.1565DR$	0.48
	T4	$y = 0.91957 - 0.00021412D^2 + 1.1 \times 10^{-6} D^3 + 0.12144DR$	0.46
Mg	T1	$y = 1.6082 + 0.02548D - 5.384 \times 10^{-5} D^2 - 0.30808DR$	0.96
	T2	$y = 1.61393 + 0.00749D - 0.19027DR$	0.99
	T3	$y = 1.61216 + 0.00829D - 0.19595DR$	0.97
	T4	$y = 1.60824 + 2.59 \times 10^{-5} D^2 - 0.14587DR$	0.99

†Correlación lineal entre valores observados y estimados; y: Contenido del elemento en %-planta⁻¹; D: días después del transplante; D²: días después del transplante al cuadrado; D³: días después del transplante al cubo; DR: Raíz cuadrada de D; T1: 50 %; T2: 75 %; T3: 100 %; T4: 125 %, de la solución nutritiva de Steiner.

Por otra parte los valores observados de extracción nutrimental en cada tratamiento se ajustaron mediante el modelo logístico (Cuadro 22).

CUADRO 22. Modelos matemáticos con los que se estimaron los datos de extracción de Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Calcio y Magnesio, durante el ciclo de cultivo de chile poblano var. Caballero, en cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner. Chapingo, México. 2005.

Nutrimento	Tratamiento	Modelos	r [†]
N	T1	$y = 5.2106 / (1+475.9e^{-0.0745*ddt})$	0.97
	T2	$y = 7.0894 / (1+167.8e^{-0.0573*ddt})$	0.98
	T3	$y = 7.2593 / (1+297.5e^{-0.0675*ddt})$	0.98
	T4	$y = 9.1807 / (1+151.1e^{-0.0540*ddt})$	0.97
P	T1	$y = 0.6035 / (1+837.7e^{-0.0835*ddt})$	0.95
	T2	$y = 0.6828 / (1+750.5e^{-0.0895*ddt})$	0.91
	T3	$y = 0.8696 / (1+462.4e^{-0.0796*ddt})$	0.98
	T4	$y = 1.1204 / (1+55.0349e^{-0.0444*ddt})$	0.92
K	T1	$y = 5.7441 / (1+270.8e^{-0.0659*ddt})$	0.95
	T2	$y = 6.0358 / (1+840.6e^{-0.0834*ddt})$	0.89
	T3	$y = 8.7933 / (1+160.8e^{-0.0545*ddt})$	0.99
	T4	$y = 547.5 / (1+1902.6e^{-0.0258*ddt})$	0.95
Ca	T1	$y = 3.2539 / (1+2611.2e^{-0.0870*ddt})$	0.94
	T2	$y = 3.7262 / (1+1501.4e^{-0.0785*ddt})$	0.87
	T3	$y = 4.5931 / (1+346.5e^{-0.0622*ddt})$	0.98
	T4	$y = 32.8531 / (1+331.7e^{-0.0302*ddt})$	0.96
Mg	T1	$y = 1.2350 / (1+650e^{-0.0721*ddt})$	0.95
	T2	$y = 1.1152 / (1+1483.7e^{-0.0881*ddt})$	0.89
	T3	$y = 1.6301 / (1+291.8e^{-0.0609*ddt})$	0.97
	T4	$y = 8.7575 / (1+193.1e^{-0.0283*ddt})$	0.95

[†]Correlación lineal entre valores observados y estimados; y:Extracción del elemento en g.planta⁻¹; ddt:días después del transplante; T1:50 %; T2:75 %; T3:100 %; T4:125 %, de la solución nutritiva de Steiner.

Considerando que la demanda nutrimental de cada cultivo se basa en la capacidad para absorber nutrimentos necesarios para obtener un rendimiento máximo posible el cual se contabiliza a partir de la concentración en la materia seca de los productos cosechados (tallo, frutos y follaje), las solanáceas absorben grandes cantidades de nutrimentos, mismas que dependen de la cantidad de frutos y materia seca que produzcan, influenciadas por variables genéticas y ambientales (Grageda, 1999; Hedge, 1997). En esta investigación, las plantas de las cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner, no presentaron síntomas visibles de deficiencia nutrimental, por lo que puede suponerse que las concentraciones obtenidas de cada elemento en la biomasa aérea total se encuentran dentro de los intervalos de buen abastecimiento (Cuadro 24, 25, 26, 27 y 28).

Los datos de extracción nutrimental acorde al rendimiento por planta en cada tratamiento, permiten visualizar que el T3 requiere la mayor cantidad de N, P, K, Ca y Mg para producir una tonelada de fruto (Cuadro 23), y en menor valor el T2, sin embargo debe considerarse además del rendimiento meta, la calidad del producto obtenido. Considerando como parámetro principal en esta investigación rendimiento, e índice de cosecha (Cuadros 15, 16 y 19), las referencias en los requerimientos de cada nutrimento para producir una tonelada de fruto se harán en función al T4 (Cuadro 23).

CUADRO 23. Cantidad requerida de nutrimento por planta en cada tratamiento, para producir una tonelada de fruto, en el cultivo de chile poblano var. Caballero. Chapingo, México. 2005.

Nutrimento	T1 (50 %)	T2 (75 %)	T3 (100 %)	T4 (125 %)
	----- (Kg) -----			
N	3.2	3.4	4.2	3.7
P	0.29	0.28	0.51	0.48
K	3.3	2.6	4.9	4.0
Ca	1.9	1.6	2.5	2.1
Mg	0.7	0.51	0.85	0.73

Al analizar el efecto de los tratamientos evaluados, se encontraron diferencias significativas en el contenido de los nutrimentos durante el ciclo del cultivo (Cuadro 10A, 11A, 12A). A 15 ddt (bifurcación del tallo principal) se tuvo el valor de concentración de N más bajo en plantas del T1, mientras que a 105 ddt (plena producción comercial), mostró tal comportamiento el T2. La concentración más baja de P la presentó el T1 a 15 ddt, encontrando al final del ciclo (135 ddt) que el T2 mostró dicho comportamiento. Para K también se presentaron diferencias significativas, donde a 15 ddt la menor concentración la presentó el T1, mientras que a 120 ddt (plena producción comercial), mostró tal comportamiento el T4. El Ca tuvo un comportamiento constante en concentración, mostrando diferencias solo en amarre y crecimiento de fruto (44 ddt), donde el valor mas bajo fue en el T1. En Mg solo se encontraron diferencias significativas en plena producción comercial (120 ddt) donde la menor concentración la presentó el T4 (Cuadro 24, 25, 26, 27 y 28).

Las extracciones nutrimentales presentaron diferencias significativas durante floración (36 ddt), amarre y crecimiento de fruto (44 ddt) y en plena madurez comercial (120 ddt), donde las plantas con 50 y 75 % de concentración de la solución nutritiva, extrajeron la menor cantidad de N, P, K, Ca y Mg, respectivamente (Cuadro 24, 25, 26, 27, 28).

5.2.1. Nitrógeno

Al realizar el análisis de varianza del contenido de N en la biomasa aérea total, se encontraron diferencias significativas a 15, 60 y 105 ddt (Cuadro 10A), donde el T1 a 15 ddt mostró los valores inferiores al resto de los tratamientos, esto indica que en inicio de floración, las plantas de este tratamiento no contaron con la disponibilidad adecuada de N que favoreciera su buen desarrollo y crecimiento. Los valores más altos de concentración de N en las plantas se tuvieron en plena floración e inicio de amarre y crecimiento de frutos (45 ddt) (Figura 8a). El T2 en 105 ddt fue estadísticamente el de menor contenido de N. Arcos *et al.* (1998) y Jones *et al.* (1991) mencionan que los valores de concentración de N en el tejido foliar varía de 1.5 al 6 %, con intervalo de suficiencia en 3.5 a 5 %. Los datos del Cuadro 24 se encuentran en este intervalo, la posterior reducción en contenido de N en los tratamientos, posiblemente es efecto de la madurez y senescencia de las hojas.

El contenido de N en el tejido foliar de *Capsicum annuum*, ha sido motivo de múltiples investigaciones, Burgueño *et al.* (1994) señalan como valor óptimo 1.6 % en floración, 1.4 % en formación de fruto y 1.2 % en la producción comercial, al considerar estos valores, la presente investigación coincide con ellos, así mismo otros investigadores a pesar de considerar diferentes órganos y etapas fenológicas para el muestreo indican intervalos similares de este nutrimento a los encontrados en la presente investigación: entre 3 a 4.5 % en etapa vegetativa intermedia y 2.9 a 4.6 % al inicio de la fructificación (Piggott, 1988); 0.7 % a inicio de floración y 0.15 % a inicio de amarre de frutos (Grageda, 1999), sin embargo Morales (1999), difiere solo en los valores señalados al inicio de la etapa vegetativa al encontrar concentraciones de 4.6 % en la etapa vegetativa inicial, 3.09 % al inicio de fructificación y 2.35 % al final del ciclo. En términos generales se considera que las concentraciones manejadas en esta investigación de acuerdo a las referencias y valores de contenido de N obtenido, se encuentran dentro del intervalo de buen abastecimiento de este nutrimento.

CUADRO 24. Comparación de medias del contenido y extracción de N en la planta, durante el ciclo del cultivo de chile poblano var. Caballero, en cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner. Chapingo, México. 2005.

DDT	T1 (50%)		T2 (75%)		T3 (100%)		T4 (125%)		DMS
	----- Contenido de N (%) -----								
0	2.7600	a	2.7600	a	2.7600	a	2.7600	a	
15	2.6667	b	3.4933	a	3.7933	a	3.6267	a	0.7830
30	3.6867	a	3.7433	a	3.4467	a	3.7700	a	0.6230
45	3.4900	a	3.8500	a	3.8567	a	3.9167	a	0.4903
60	3.5933	a	3.5433	a	3.6067	a	2.9167	a	0.4903
75	2.4900	a	2.7633	a	3.1333	a	3.0300	a	0.8705
90	2.6733	a	2.7533	a	2.7167	a	3.1967	a	1.0410
105	2.5633	a	2.2700	b	2.4533	ab	2.5133	ab	0.2690
120	2.1100	a	2.1600	a	2.2167	a	2.2800	a	0.1782
135	1.9467	a	2.0467	a	2.3133	a	2.0833	a	0.0419
	----- Extracción de N (g·planta ⁻¹) -----								
0	0.0062	a	0.1160	a	0.0071	a	0.0066	a	0.0086
15	0.0105	a	0.1350	a	0.0159	a	0.0153	a	0.0072
30	0.2906	b	0.3274	b	0.3984	ab	0.4543	a	0.1200
45	0.3682	a	0.4633	a	0.4643	a	0.5094	a	0.1743
60	0.7463	ab	0.9137	a	0.8284	ab	0.6752	b	0.2199
75	1.8765	a	2.3204	a	2.8370	a	2.7400	a	1.1931
90	3.1365	a	3.6575	a	4.1371	a	4.8214	a	2.6054
105	4.8324	a	4.9975	a	6.0119	a	5.9269	a	2.5061
120	4.2948	a	5.8831	a	6.2792	a	6.6094	a	2.3561
135	5.3925	b	6.7323	ab	7.2611	ab	8.8980	a	2.8443

Medias con la misma letra en cada hilera son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$); DDT:días después del transplante; DMS:Diferencia mínima significativa.

Los datos obtenidos de extracción de N, presentaron diferencias significativas en 30, 60 y 135 ddt (Cuadro 10A), donde los tratamientos T2, T3 y T4 tuvieron mayor extracción de N (Figura 8b), expresado en mayor acumulación de materia seca obtenida causado por un mayor contenido de N.

Burgueño (1995) señala que para producir una tonelada de fruto de bell rojo se emplean de N 4.5 kg·planta⁻¹, con un rendimiento de 1.917 kg·planta⁻¹. En este experimento la mayor extracción fue en el T4 con 8.9 g de N por planta⁻¹ y un rendimiento de 2.4 kg·planta⁻¹ equivalente a utilizar 3.7 kg de N pa producir una tonelada de fruto, dato inferior a los señalados por Burgueño (1995) en bell rojo, esto indica la gran disponibilidad de N en plantas del T4 durante el ciclo de cultivo expresado en mayor acumulación de materia seca total y la tendencia, aunque no significativa de incrementar el rendimiento. En términos generales, al presentarse una mayor disponibilidad de N favoreció una mayor extracción por la planta (Figura 8b), donde sobresalieron en absorción las plantas del T4 (Cuadro 24).

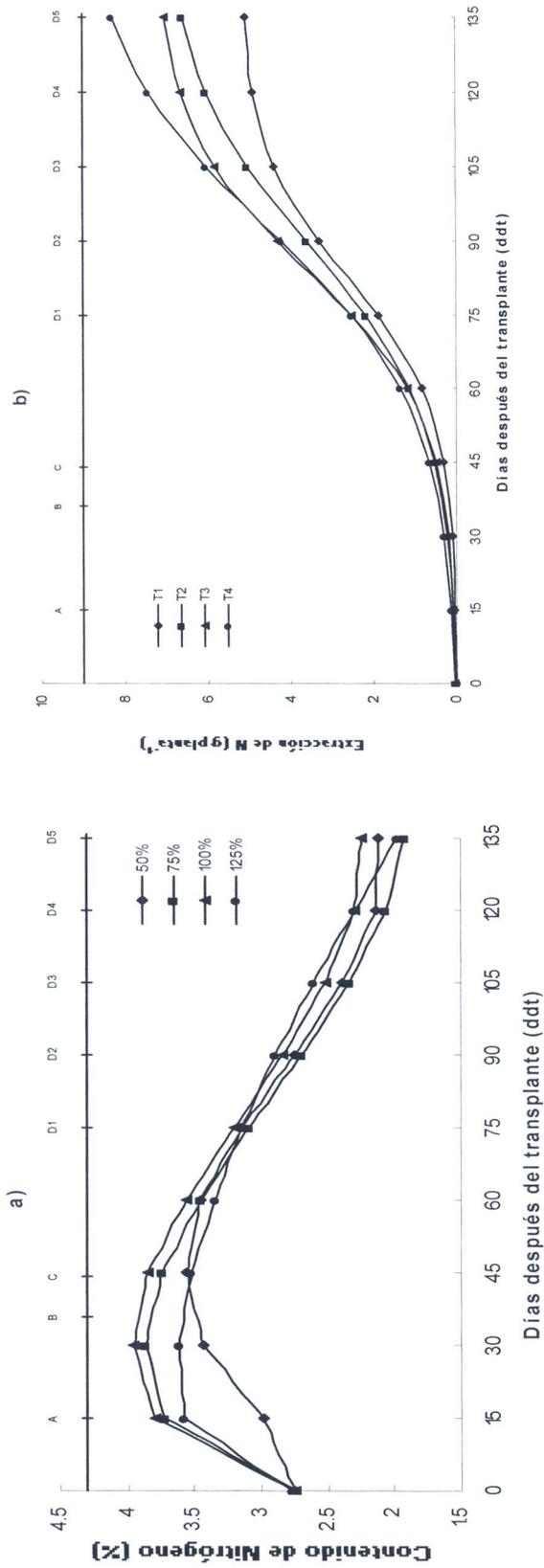


FIGURA 8. a) Contenido de N y b) Extracción de M durante el ciclo del cultivo de chile poblano var. Caballero, en cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner. A: Bifurcación del tallo principal; B: Floración; C: Amarre y crecimiento de fruto; D1, D2, D3, D4, D5: 1°, 2°, 3°, 4° y 5° corte respectivamente; T1: 50%; T2: 75%; T3: 100%; T4: 125%, de la solución nutritiva de Steiner. Chapingo, México. 2005.

5.2.2. Fósforo

De acuerdo con el análisis de varianza, los valores obtenidos en contenido de fósforo, son estadísticamente diferentes a los 15, 45 y 135 ddt (Cuadro 10A), donde las plantas del T1 y T2 presentaron valores inferiores al resto de los tratamientos (Cuadro 25), sin embargo estos valores no impidieron el buen desarrollo y crecimiento de las plantas dado que no se presentaron síntomas visibles de deficiencias de este nutrimento en el ciclo del cultivo. Jones *et al.* (1991) mencionan que el P en muchos cultivos esta en valores de suficiencia entre 0.2 y 0.4 % en hojas recién maduras, considerando valores críticos los menores a 0.2 % y mayores a 1 %, mientras que Arcos *et al.* (1998), mencionan como valores adecuados de 0.36 a 1 %, de acuerdo con ambos autores, los valores encontrados en chile poblano se encuentran dentro de estos intervalos, a excepción del primer muestreo (al momento del transplante) y al final del ciclo de cultivo (135 ddt), donde los tratamientos T1 y T2 muestran valores críticos menores a 0.2 % (Cuadro 25).

De acuerdo con otros investigadores a pesar de considerar diferentes órganos y etapa fenológica para el muestreo, indican intervalos de requerimiento en contenido de P similares a esta investigación: entre 0.55 % en la etapa vegetativa y 0.31 % durante la fructificación en la parte aérea de chile mirasol (Morales, 1999); 0.4 % durante la floración, 0.3 % en formación de frutos y 0.28 % durante la producción en chile bell (Burgueño *et al.*, 1994), confirmando que las concentraciones obtenidas en las plantas de los cuatro tratamientos son óptimas para su buen crecimiento y desarrollo.

CUADRO 25. Comparación de medias del contenido y extracción de P en la planta, durante el ciclo del cultivo de chile poblano var. Caballero, en cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner. Chapingo, México. 2005.

DDT	T1 (50%)		T2 (75%)		T3 (100%)		T4 (125%)		DMS
----- Contenido de P (%) -----									
0	0.1800	a	0.1800	a	0.1800	a	0.1800	a	
15	0.2500	b	0.4300	ab	0.4100	ab	0.6400	a	0.3583
30	0.5300	a	0.5200	a	0.6333	a	0.5767	a	0.4181
45	0.4667	b	0.5567	ab	0.6967	ab	0.8033	a	0.2853
60	0.6633	a	0.5167	a	0.6733	a	0.4900	a	0.2693
75	0.3133	a	0.4367	a	0.4367	a	0.5133	a	0.2470
90	0.3900	a	0.3900	a	0.4333	a	0.4800	a	0.1529
105	0.3100	a	0.3033	a	0.3333	a	0.3067	a	0.1978
120	0.3367	a	0.3033	a	0.2800	a	0.2233	a	0.1436
135	0.1767	ab	0.1533	b	0.2800	a	0.2667	ab	0.1173
----- Extracción de P (g-planta ⁻¹) -----									
0	0.0004	a	0.0008	a	0.0005	a	0.0004	a	0.0005
15	0.0010	b	0.0017	ab	0.0017	ab	0.0026	a	0.0010
30	0.0411	a	0.0458	a	0.0729	a	0.0695	a	0.0389
45	0.0492	c	0.0670	bc	0.0836	ab	0.1040	a	0.0336
60	0.1379	a	0.1371	a	0.1549	a	0.1131	a	0.0872
75	0.2429	b	0.3682	ab	0.3949	ab	0.4602	a	0.1890
90	0.4606	a	0.5181	a	0.6412	a	0.7107	a	0.2655
105	0.5750	a	0.6670	a	0.8164	a	0.6928	a	0.2814
120	0.6854	a	0.8110	a	0.7998	a	0.6403	a	0.2987
135	0.4962	b	0.5416	b	0.8754	ab	1.1525	a	0.5699

Medias con la misma letra en cada hilera son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$); DDT:días después del transplante; DMS:Diferencia mínima significativa.

En los valores de extracción de P, hubo diferencias significativas en 15, 45, 75 y 135 ddt (Cuadro 10A), con valores inferiores en T1, mientras que la mayor extracción fue en T4 al final del ciclo (Cuadro 25, Figura 9b). Algunos investigadores señalan la extracción de P para producir una tonelada de fruto. En chile mirasol la extracción de P es de 1.2 kg-planta⁻¹ para producir una tonelada de fruto (Morales, 1999); Los resultados obtenidos en este experimento muestran que en chile poblano para producir una tonelada de fruto fueron necesarios 0.48 kg de P.

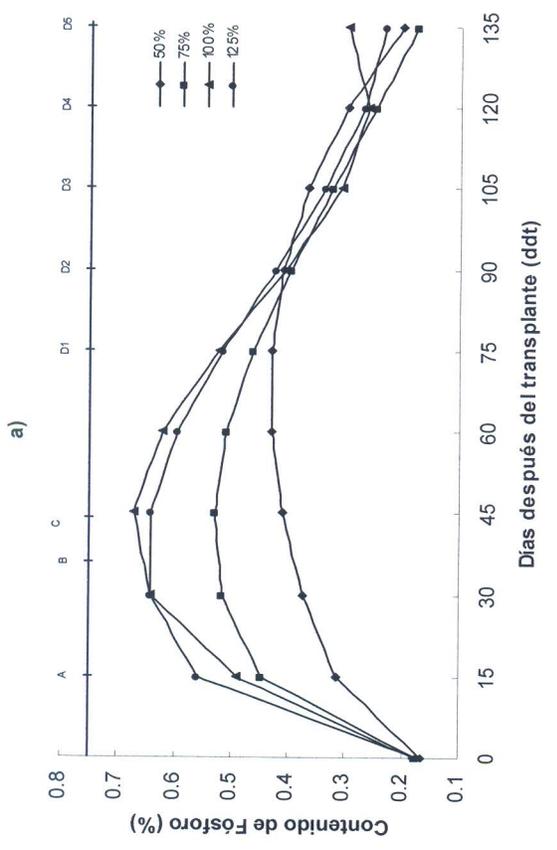
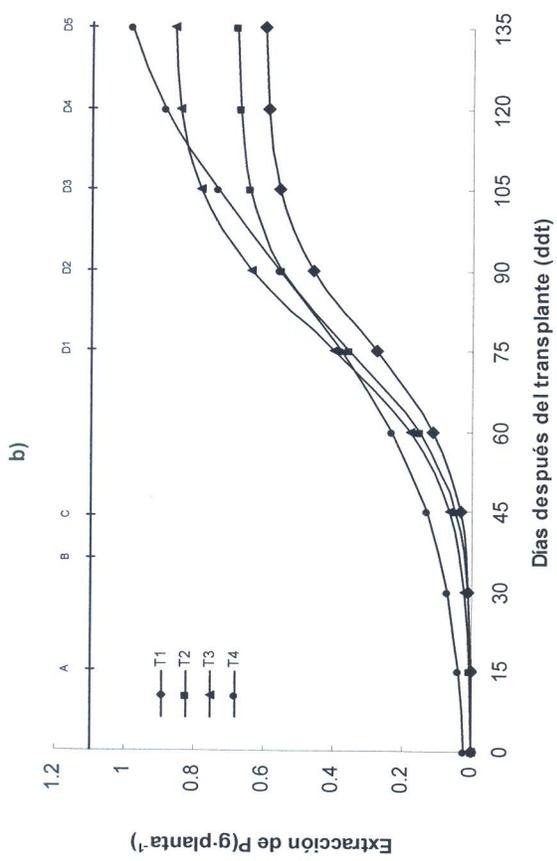


FIGURA 9. a) Contenido y b) Extracción de P, durante el ciclo del cultivo de chile pobiano var. Caballero, en cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner. A:Bifurcación del tallo principal; B:Floración; C:Amarre y crecimiento de fruto; D1, D2, D3, D4, D5:1º, 2º, 3º, 4º y 5º corte respectivamente; T1:50 %; T2:75 %; T3:100 %; T4:125 %, de la solución nutritiva de Steiner. Chapingo, México. 2005.

5.2.3. Potasio

Al analizar los valores de concentración de K, se encontraron diferencias significativas en los cuatro tratamientos a 15, 120 y 135 ddt (Cuadro 11A), debido a que la absorción de este nutrimento esta determinado por la morfología y absorción potencial del sistema radical (Mengel y Kirkby, 1978). Jones *et al.*, 1991 señalan que los valores de suficiencia están en el intervalo de 1.5 a 3.0 %, considerando este parámetro, los valores obtenidos en chile poblano se encuentran dentro de este intervalo en todo el ciclo del cultivo, ello explica la ausencia de síntomas de deficiencia o toxicidad en las plantas de los cuatro tratamientos durante el ciclo del cultivo (Cuadro 26, Figura 10a).

Así mismo otros investigadores a pesar de considerar diferentes órganos y etapa fenológica de muestreo indican intervalos de suficiencia superiores de este nutrimento a los encontrados en esta investigación: entre 4.0 a 6.0 % en hojas de bell pepper (Jones *et al.*,1991); 4.01 a 6.0 % en chile (Arcos *et al.*, 1998); 2.54 a 4.80 % en chile mirasol (Morales,1999), de acuerdo a la fenología se tiene: 6 % durante la etapa vegetativa y 5 % a inicio de fructificación (Piggott, 1988).

Los valores obtenidos en chile poblano (Cuadro 26) para la etapa vegetativa fue de 2.41 a 3.67 %, en etapa de producción comercial en intervalo de 3.05 a 2.55 %, en términos generales son valores inferiores a los reportados para este elemento en los cultivares de *Capsicum annuum*, sin embargo la ausencia de síntomas de deficiencia durante el ciclo del cultivo indica que las concentraciones de los cuatro tratamientos evaluados se encontraron en el intervalo de buen abastecimiento, suficiente para cubrir la demanda nutrimental del cultivo.

CUADRO 26. Comparación de medias del contenido y extracción de K en la planta, durante el ciclo del cultivo de chile poblano var. Caballero, en cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner. Chapingo, México. 2005.

DDT	T1 (50%)		T2 (75%)		T3 (100%)		T4 (125%)		DMS
----- Contenido de K (%) -----									
0	3.4600	a	3.4600	a	3.4600	a	3.4600	a	
15	2.4133	b	3.8300	a	2.9900	ab	3.2767	ab	1.3978
30	3.2900	a	3.9733	a	2.8000	a	3.8667	a	1.6748
45	3.5933	a	2.7467	a	3.8300	a	3.2767	a	1.6624
60	3.6700	a	3.4033	a	3.6400	a	3.0567	a	0.9351
75	2.6400	a	3.0700	a	3.1667	a	3.0300	a	1.8762
90	2.8700	a	2.5967	a	2.6100	a	2.5033	a	0.5531
105	2.3433	a	2.6300	a	2.4933	a	2.0633	a	0.9202
120	2.5500	a	2.4100	ab	2.3100	ab	1.7300	b	0.6838
135	1.9933	ab	1.4200	b	2.6467	a	2.2167	ab	0.9256
----- Extracción de K (g-planta ⁻¹) -----									
0	0.0078	a	0.0146	a	0.0088	a	0.0083	a	0.0107
15	0.0095	a	0.0149	a	0.0123	a	0.0140	a	0.0078
30	0.2593	b	0.3490	ab	0.3237	ab	0.4662	a	0.1945
45	0.3754	a	0.3285	a	0.4575	a	0.4287	a	0.1793
60	0.7615	a	0.8909	a	0.8365	a	0.7099	a	0.4152
75	2.0626	a	2.5916	a	2.8515	a	2.7401	a	1.4226
90	3.3833	a	3.4632	a	3.8301	a	3.7907	a	1.8178
105	4.4383	a	5.8171	a	6.0856	a	4.7523	a	2.5993
120	5.1967	a	6.7205	a	6.5074	a	4.9720	a	2.8695
135	5.5940	a	4.9960	a	8.3160	a	9.5620	a	4.6883

Medias con la misma letra en cada hilera son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$); DDT:días después del transplante; DMS:Diferencia mínima significativa.

En los valores de extracción hubo diferencias significativas solo en 30 ddt (Cuadro 11A), donde las plantas del T4 absorbieron la mayor cantidad de K (Cuadro 26 y Figura 10b) comportamiento observado en todo el ciclo del cultivo. En cuanto a rendimiento, algunos investigadores señalan la extracción de K para producir una tonelada de fruto; Burgueño (1995) indica una extracción de K de 7.15 kg·planta⁻¹ para producir una tonelada de fruto; señala en chile mirasol es de 10.27 kg·planta⁻¹ para producir una tonelada de fruto (Morales,1999).

Para esta investigación, las plantas irrigadas con solución al 125 %, requieren 4 kg·planta⁻¹ de K para producir 1 tonelada de frutos, cantidad inferior a las mencionadas por Burgueño (1995) y Morales (1999).

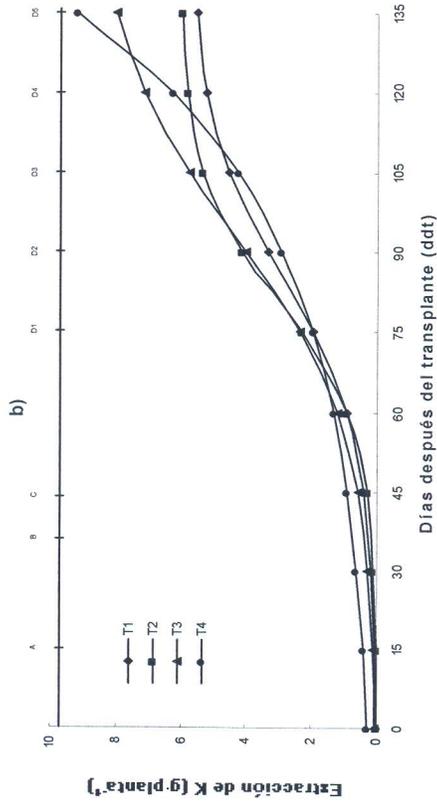
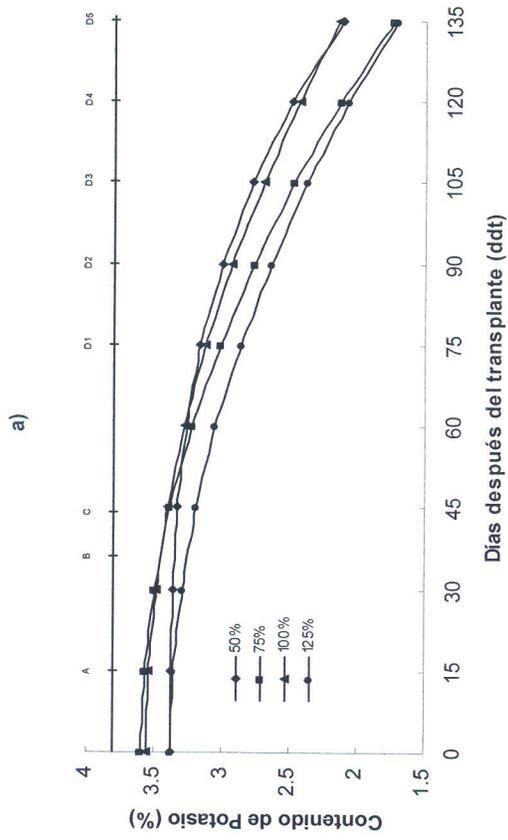


FIGURA 10. a) Contenido y b) Extracción de K, durante el ciclo del cultivo de chile poblano var. Caballero, en cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner. A: Bifurcación del tallo principal; B: Floración; C: Amarre y crecimiento de fruto; D1, D2, D3, D4, D5: 1°, 2°, 3°, 4° y 5° corte respectivamente; T1: 50%; T2: 75%; T3: 100%; T4: 125%, de la solución nutritiva de Steiner. Chapingo, México. 2005.

5.2.4. Calcio

Los valores en contenido de Ca, presentaron diferencias significativas solo en 45 ddt (Cuadro 11A). Las plantas del T1 presentaron valores de contenido de Ca inferiores al resto de los tratamientos (Cuadro 27 y Figura 11a), sin embargo esta concentración no limitó el buen crecimiento y desarrollo de la planta dado que no se observaron problemas de deficiencias. Jones *et al.* (1991) señalan que el contenido de Ca en la mayoría de los cultivos varía de 0.2 a 3.0 % del peso seco en el tejido foliar, los datos obtenidos en chile poblano estuvieron dentro de este intervalo en todo el ciclo del cultivo, ello explica la ausencia de síntomas visuales de deficiencias o toxicidad.

Otros investigadores indican intervalos de suficiencia de Ca similares a los encontrados en esta investigación: entre 2.01 a 4 % como nivel adecuado en follaje (Arcos *et al.*, 1998); de acuerdo a la fenología se tiene: 1.8 % durante floración, 2 % en formación de frutos y 2.5 % en producción comercial (Burgueño, 1995).

En términos generales los cuatro tratamientos presentaron concentraciones que se encuentran en el intervalo de buen abastecimiento lo cual favoreció el buen crecimiento y desarrollo del cultivo.

CUADRO 27. Comparación de medias del contenido y extracción de Ca en la planta, durante el ciclo del cultivo de chile poblano var. Caballero, en cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner. Chapingo, México. 2005.

DDT	T1 (50%)		T2 (75%)		T3 (100%)		T4 (125%)		DMS
----- Contenido de Ca (%) -----									
0	0.9500	a	0.9500	a	0.9500	a	0.9500	a	
15	0.7833	a	1.1833	a	1.0967	a	1.2667	a	0.5561
30	1.1800	a	1.0900	a	1.3800	a	1.3467	a	0.8837
45	1.0467	b	1.3233	ab	1.5167	a	1.6100	a	0.4583
60	1.6067	a	1.2500	a	1.6533	a	1.2800	a	0.5494
75	0.7933	a	0.9700	a	1.3600	a	1.1433	a	0.7133
90	1.2733	a	1.1700	a	1.2967	a	1.2267	a	0.3708
105	1.4400	a	1.1033	a	1.2700	a	1.0900	a	0.5423
120	1.3933	a	1.4467	a	1.3600	a	0.9667	a	0.5300
135	1.1600	a	0.8867	a	1.3533	a	1.1900	a	0.8122
----- Extracción de Ca (g·planta ⁻¹) -----									
0	0.0021	a	0.0040	a	0.0024	a	0.0023	a	0.0030
15	0.0031	a	0.0046	a	0.0046	a	0.0055	a	0.0037
30	0.0919	a	0.0955	a	0.1591	a	0.1624	a	0.0780
45	0.1076	b	0.1594	ab	0.1826	ab	0.2082	a	0.0758
60	0.3341	a	0.3317	a	0.3795	a	0.2971	a	0.1946
75	0.6297	b	0.8135	ab	1.2273	a	1.0392	ab	0.5600
90	1.5029	a	1.5542	a	1.9175	a	1.8386	a	0.7561
105	2.7206	a	2.4299	a	3.1123	a	2.5223	a	1.5543
120	2.8410	a	3.9420	a	3.7961	a	2.7829	a	1.3117
135	3.2580	a	3.2060	a	4.2770	a	5.1300	a	3.5854

Medias con la misma letra en cada hilera son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$); DDT:días después del transplante; DMS:Diferencia mínima significativa.

Los valores de extracción nutrimental presentaron diferencias significativas en 45 y 75 ddt (Cuadro 11A) que corresponde a las fases fenológicas amarre, crecimiento de fruto e inicio de fructificación, donde el T1 presentó valores inferiores, en comparación a T3 y T4 con la mayor extracción (Cuadro 27, Figura 11b). En rendimiento algunos investigadores señalan la extracción de Ca para producir una tonelada de fruto; en chile bell la extracción de Ca es de 2.7 kg·planta⁻¹ para producir una tonelada de frutos (Burgueño, 1995); en esta investigación la extracción en el T4 fue de 2.1 kg de Ca para producir una tonelada de fruto.

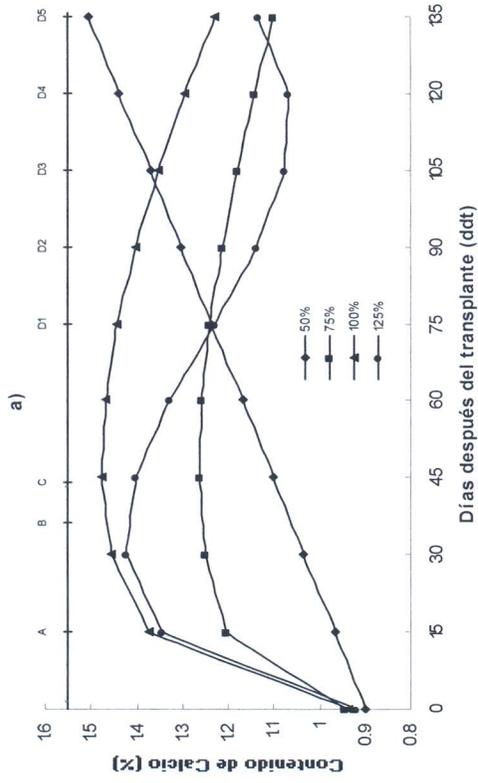
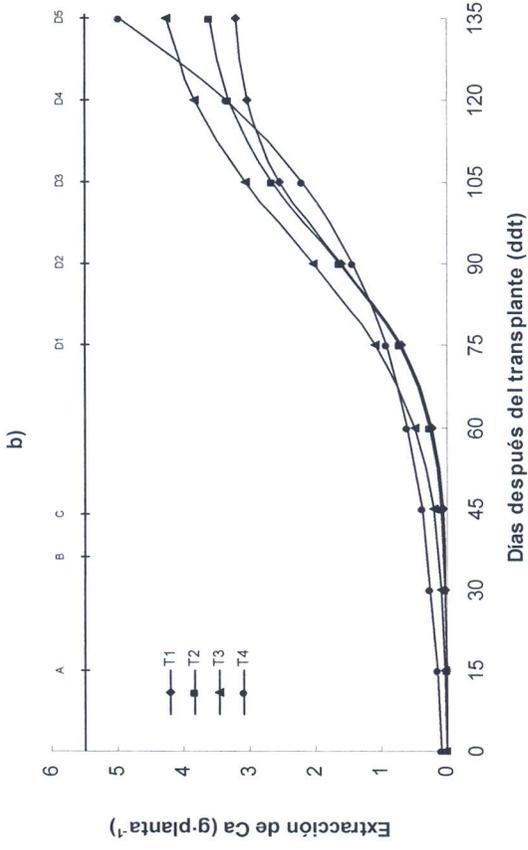


FIGURA 11. a) Contenido y b) Extracción de Ca, durante el ciclo del cultivo de chile poblano var. Caballero, en cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner. A: Bifurcación del tallo principal; B: Floración; C: Amarre y crecimiento de fruto; D1, D2, D3, D4, D5: 1°, 2°, 3°, 4° y 5° corte respectivamente; T1: 50%; T2: 75%; T3: 100%; T4: 125%, de la solución nutritiva de Steiner. Chapingo, México. 2005.

5.2.5. Magnesio

En contenido de Mg, se encontraron diferencias significativas solo en 120 ddt (Cuadro 12A), por lo que durante el ciclo del cultivo los cuatro tratamientos presentaron valores muy similares, a excepción de 120 ddt donde el valor mas bajo se encontró en el T4 posiblemente por la plena fructificación, en tanto que el T1 y T3 presentaron valores superiores en todo el ciclo del cultivo (Cuadro 28). En los cuatro tratamientos evaluados los valores máximos de concentración de Mg se presentaron 15 ddt, posteriormente siguieron una tendencia a disminuir al iniciar el periodo de mayor acumulación de materia seca (Figura 12a).

Jones *et al.* (1991) señalan que el contenido de Mg de una planta varía, con valores de suficiencia de 0.25 % en la mayoría de los cultivos, los valores obtenidos en esta investigación para chile poblano se encuentran ligeramente superiores en todo el ciclo del cultivo lo cual justifica la ausencia de síntomas de deficiencia en las plantas de los cuatro tratamientos (Cuadro 28).

Algunos investigadores indican intervalos de suficiencia de Mg similares a los encontrados en esta investigación: 1.38 % en hojas del tercio medio de chile (Martínez–Cañadas *et al.*, 1985); 0.31 a 1 % en follaje (Arcos *et al.*, 1998), de acuerdo a la fenología se tiene: 1 a 1.7 % en etapa vegetativa intermedia y de 0.25 a 1.2 % al inicio de fructificación (Piggott, 1988).

En esta investigación los datos obtenidos son similares a lo señalado por Arcos *et al.* (1998) y Piggott (1988), mostrando que las concentraciones de Mg en los cuatro tratamientos evaluados, se encontraron en el intervalo de buen abastecimiento.

CUADRO 28. Comparación de medias del contenido y extracción de Mg en la planta, durante el ciclo del cultivo de chile poblano var. Caballero, en cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner. Chapingo, México. 2005.

DDT	T1 (50%)		T2 (75%)		T3 (100%)		T4 (125%)		DMS
----- Contenido de Mg (%) -----									
0	1.6100	a	1.6100	a	1.6100	a	1.6100	a	
15	0.7467	a	1.0667	a	0.9100	a	1.0900	a	0.4669
30	0.8900	a	0.7700	a	0.5233	a	0.6800	a	0.7390
45	0.6033	a	0.6633	a	0.7433	a	0.7167	a	0.2109
60	0.6333	a	0.5400	a	0.5767	a	0.5933	a	0.1499
75	0.4033	a	0.4667	a	0.5633	a	0.4867	a	0.3295
90	0.4900	a	0.4767	a	0.4533	a	0.4400	a	0.1486
105	0.5233	a	0.4967	a	0.4333	a	0.4133	a	0.2148
120	0.5267	a	0.4033	ab	0.5233	a	0.3167	b	0.1600
135	0.4267	a	0.2833	a	0.4567	a	0.4033	a	0.2523
----- Extracción de Mg (g·planta ⁻¹) -----									
0	0.0036	a	0.0068	a	0.0041	a	0.0039	a	0.0051
15	0.0029	a	0.0041	a	0.0038	a	0.0046	a	0.0028
30	0.0704	a	0.0674	a	0.0609	a	0.0821	a	0.0694
45	0.0626	b	0.0792	ab	0.0893	a	0.0926	a	0.0264
60	0.1315	a	0.1423	a	0.1319	a	0.1373	a	0.0584
75	0.3156	a	0.3912	a	0.5076	a	0.4394	a	0.2247
90	0.5770	a	0.6325	a	0.6697	a	0.6619	a	0.3170
105	0.9807	a	1.0968	a	1.0624	a	0.9492	a	0.5347
120	1.0777	ab	1.1113	ab	1.4720	a	0.9132	b	0.4829
135	1.1907	a	1.0122	a	1.4527	a	1.7433	a	1.1807

Medias con la misma letra en cada hilera son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$); DDT:días después del transplante; DMS:Diferencia mínima significativa.

La extracción, presentó diferencias significativas en 45 y 120 ddt (Cuadro 12A), que corresponde al amarre, crecimiento y producción comercial, donde los valores obtenidos por T3 y T4 son superiores a los de T1 y T2 (Cuadro 28, Figura 12b). En rendimiento, investigadores indican la extracción de Mg por planta para producir una tonelada de fruto; Burgueño (1995) indica en cv. Lamuyo una extracción de 1.14 kg·planta⁻¹ de Mg; en esta investigación la extracción en el T4 fue de 0.73 kg·planta⁻¹ de Mg por tonelada de fruto, datos inferiores a los señalados por Burgueño (1995).

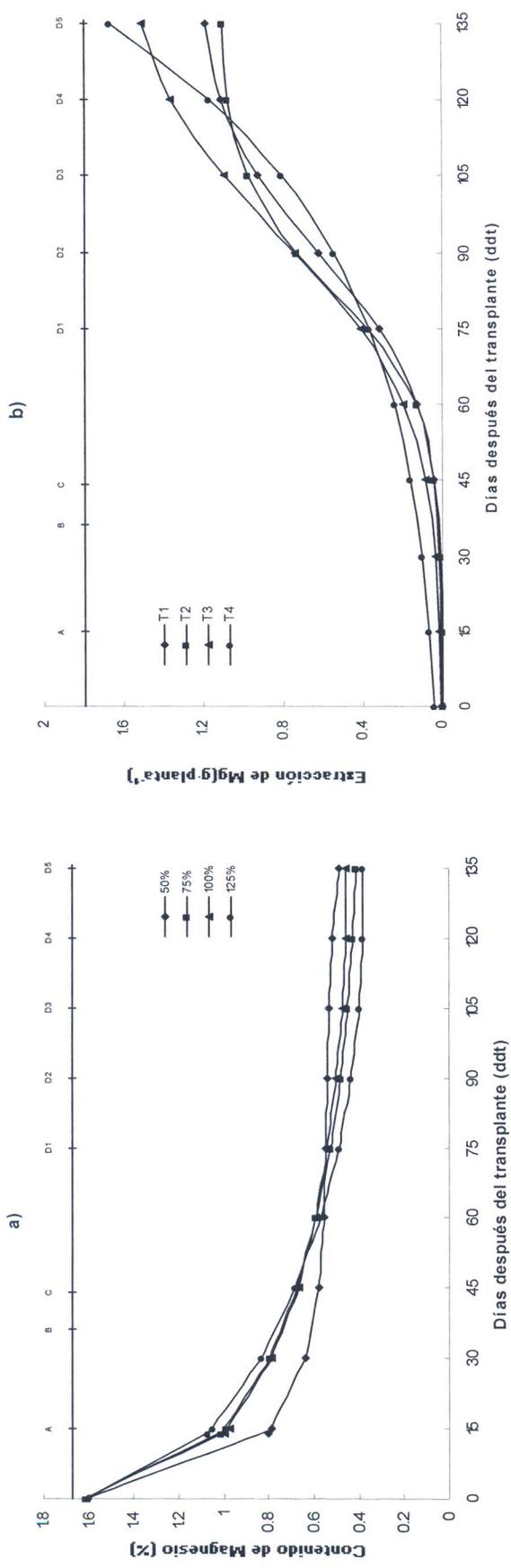


FIGURA 12. a) Contenido y b) Extracción de Mg, durante el ciclo del cultivo de chile poblano var. Caballero, en cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner. A: Bifurcación del tallo principal; B: Floración; C: Amarre y crecimiento de fruto; D1, D2, D3, D4, D5: 1°, 2°, 3°, 4° y 5° corte respectivamente; T1: 50 %; T2: 75 %; T3: 100 %; T4: 125 %.

En términos generales, en el cuadro 29 se presentan las cantidades necesarias de cada nutrimento para producir una tonelada de fruto fresco, para lo cual se tomó como referencia el T4 (125 %) por su mayor rendimiento y la característica de poder prolongar su ciclo de producción y con ello la posibilidad de incrementar su rendimiento; aunque sin diferencias significativas fue superior al resto de tratamientos. Sin embargo, en parámetros de calidad el T2 fue superior.

CUADRO 29. Cantidad necesaria de nutrimentos para producir una tonelada de frutos de chile poblano var. Caballero durante su ciclo de cultivo. Chapingo, México. 2005.

Nutrimento	Cantidad
	(kg· t ⁻¹)
N	3.7
P	0.48
K	4.0
Ca	2.1
Mg	0.73

VI. CONCLUSIONES

Con la solución nutritiva al 125 %, se obtuvo sin diferencias estadísticas el mayor rendimiento de fruto de chile poblano (2.4 kg por planta) y a su vez el mayor índice de cosecha (0.62), así como mayor Tasa Absoluta de Crecimiento ($6.74 \text{ g}\cdot\text{día}^{-1}$), Tasa Relativa de Crecimiento ($0.0144 \text{ g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{día}$), Tasa de Asimilación Neta ($2.1174 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{día}^{-1}$) y Razón de Área Foliar ($71.3384 \text{ cm}^2\cdot\text{g}^{-1}$).

Las plantas irrigadas con solución nutritiva al 125%, a los 135 días después del transplante, presentaron los valores más altos en altura de planta (152.33 cm), diámetro de tallo (1.5 cm), número de hojas (517), área foliar (9535 cm^2), número de frutos (39), peso fresco de frutos (2.4 kg por planta), longitud de fruto (12.23 cm), peso seco tallo (101.37 g), peso seco hojas (68.74 g), peso seco fruto (257.92 g) y peso seco total (428.14 g).

No se presentaron síntomas de deficiencia o toxicidad en las plantas de chile poblano en los cuatro tratamientos evaluados durante el ciclo de cultivo, por lo que las concentraciones obtenidas de cada nutrimento en la biomasa aérea se encontraron dentro del intervalo de buen abastecimiento, indicador de que las cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner empleadas proporcionaron a las plantas las cantidades de nutrimentos necesarios para completar su ciclo de vida.

El contenido de N, P, K, Ca y Mg, en plantas de chile poblano que fueron irrigadas con solución nutritiva al 125 % de concentración, durante la bifurcación del tallo principal, floración, amarre y crecimiento de fruto y madurez comercial fue: 2.8 a 3.6, 3.8, 2.9 a 3.9, 2.08 a 3.2 % de N; 0.18 a 0.64, 0.58, 0.49 a 0.80, 0.22 a 0.51 % de P; 3.27 a 3.46, 3.87, 3.05 a 3.28, 1.73 a 3.03 % de K; 0.95 a 1.27, 1.35, 1.28 a 1.61, 0.97 a 1.23 % de Ca; 1.09 a 1.61, 0.68, 0.59 a 0.72, 0.32 a 0.49 % de Mg, respectivamente.

Los valores de extracción de N, P, K, Ca y Mg, en plantas de chile poblano que fueron irrigadas con solución nutritiva de Steiner al 125 % concentración, durante la bifurcación del tallo principal, floración, amarre y crecimiento de fruto y, madurez comercial fueron: 0.007 a 0.02, 0.45, 0.51 a 0.68, 2.74 a 8.90 g·planta⁻¹ de N; 0.0004 a 0.003, 0.07, 0.1 a 0.11, 0.46 a 1.15 g·planta⁻¹ de P; 0.008 a 0.01, 0.47, 0.43 a 0.71, 2.74 a 9.56 g·planta⁻¹ de K; 0.002 a 0.006, 0.16, 0.21 a 0.29, 1.04 a 5.13 g·planta⁻¹ de Ca; 0.004, 0.08, 0.09 a 0.14, 0.44 a 1.74 g·planta⁻¹ de Mg, respectivamente.

Las cantidades requeridas de N, P, K, Ca y Mg de acuerdo con el tratamiento cuatro para producir una tonelada de fruto fresco de chile poblano fueron: 3.7, 0.5, 4.0, 2.1 y 0.7 kg respectivamente.

VII. RECOMENDACIONES

1. Realizar experimentos posteriores donde se amplíe el rango de soluciones nutritivas de las estudiadas en esta investigación y con ello elaborar la curva completa de abastecimiento nutrimental del cultivo de chile poblano, con la finalidad de poder identificar con claridad las fases de deficiencia severa, deficiencia media o hambre oculta, límites de superfluo (valor crítico, suficiencia) y límites de toxicidad, para encontrar el manejo óptimo de la solución nutritiva en el desarrollo de este cultivo.

VIII. LITERATURA CITADA

- ALPI A.; TOGNONI, F. 1991. Cultivo en Invernadero. 3da. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. 347 p.
- ALVARADO C., A.; HERNÁNDEZ A., R. 1990. Guía Para Cultivar Chile Ancho en el norte de Guanajuato. 2da. edición. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Guanajuato, México. 86 p.
- ANTONIO, R. O. 2000. Caracterización fenológica, morfológica y análisis de crecimiento de chile mirador (*Capsicum annuum* L.) bajo condiciones de invernadero en Chapingo, México. Tesis de Licenciatura. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 73 p.
- ARCOS C., G.; HERNÁNDEZ H., J.; URIZA A., D.; POZO C.; OLIVERA A. 1998. Tecnología para producir Chile jalapeño en la planicie costera del Golfo de México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Folleto Técnico 24. Veracruz, México. 206 p.
- BAEYENS, J. 1970. Nutrición de las Plantas de Cultivo (Fisiología Aplicada a las Plantas Agrícolas). Ed. Lemos. Madrid, España. 631 p.
- BAÑÓN A., S.; CABRERA P., F.; ZAPATA M., N. 1992. El Pimiento para el Pimentón. Ed. Mundi-prensa. Madrid, España. 240 p.
- BARRAZA, A. F. V. 2000. Crecimiento del Chile manzano (*Capsicum pubescens* R y P.) en cuatro soluciones nutritivas bajo invernadero. Tesis de Maestría en Ciencias. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 142 p.
- BARRIENTOS, G. M. 2002. Evaluación financiera de la producción y comercialización de chile ancho (*Capsicum annuum* L.), en San Felipe, Guanajuato. Tesis de Licenciatura. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México. 79 p.

- BEADLE, C. L. 1985. Análisis del Crecimiento Vegetal. pp.16-22. *In: Técnicas en Fotosíntesis y Bioproductividad.* COOMBS, J.; MAY, D.O.; LONG, S.P.; SCHURLOCK, J. (eds.) Ed. Futura. Chapingo, México.
- BEADLE, C. L. 1988. Análisis del Crecimiento Vegetal. pp. 17-21. *In: Técnicas en Fotosíntesis y Bioproductividad.* Traducción al español de la 2da. edición en inglés. Patrocinada por el Programa Ambiental de las Naciones Unidas (UNEP) y Colegio de Postgraduados. Ed. Futura. Chapingo, México.
- BIDWELL, R.G.S. 1979. Fisiología Vegetal. 2a. Edición. Traducido al español por Cano Y Cano, G. G; Rojas Garcidueñas, M. A.G.T. Editor. D.F., México. 784 p.
- BRAND G., D.; WEETMAN, F.G. 1987. Growth Analysis of Perennial Plants: The Relative Production Rate and its Yield Components. *Annals of Botany* 59: 45-53.
- BROWN D., A.; SCOUT H., D. 1986. Dependence of Crop Growth and Yield on Root Development Activity *in: Roots nutrient and water influx, and plant growth.* Special Bulletin No. 49. ASA, USA. 135 p.
- BURGUEÑO H.; URIBE F.; VALENZUELA M. 1994. La fertirrigación de cultivos hortícolas con acolchado plástico. Vol. 1. Bursag S. A de C. V. Sinaloa, México. 46 p.
- BURGUEÑO, H. 1995. La fertirrigación en cultivos hortícolas con acolchado plástico. Vol. 2. Bursag, S. A de C. V. Sinaloa, México. 71 p.
- CADAHIA, L. C. 1988. Fertirrigación. Cultivos hortícolas y ornamentales. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. 435 p.
- CHARLES-EDWARDS D., A.; DOLEY D.; RIMMINGTON G., M. 1986. Modelling Plant Growth and Development. Academic Press. Sydney, Australia. 235 p.
- CRUZ, H. N. 2001. Relaciones entre la fuente y la demanda en chile morrón cultivado en altas densidades de población bajo hidroponía. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 124 p.

- DOMÍNGUEZ CH., L.; GARCÍA C., E. 1997. Caracterización fenológica y estudio de crecimiento de la planta de chile manzano (*Capsicum pubescens* R y P) en condiciones ambientales de Chapingo, México. Tesis de Licenciatura. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 94 p.
- ELLIAS C., O.; CHADWICHY, M. J. 1979. Growth Characteristic of Grass and Legume Cultivars and their Potential for land Reclamation. J. Appl. Ecol. 16: 534-544 p.
- ESCALANTE E, J., A.; KOHASHI S., J. 1993. El rendimiento y crecimiento del frijol. Manual para toma de datos. Centro de Botánica, Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 84 p.
- ESQUIVEL, E. G. 1999. Efecto de la temperatura sobre la fenología, producción de biomasa y rendimiento de grano y sus componentes en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 155 p.
- ETCHEVERS, J. D. 1999. Técnicas de diagnóstico útiles en la medición de la fertilidad del suelo y el estado nutrimental de los cultivos. Terra 17:209-219.
- EVANS, C. E. 1972. The Quantitative Analysis of Plant Growth. University of California Press. Berkeley. 253 p.
- FAGERIA N.; BALIGAR V.; JONES CH. 1997. Growth and Mineral Nutrition of field Crops. Ed. Marcel Decker Inc. New York, USA. 476 p.
- GARDNER F., P.; BRENT P., R.; MITCHELL R., L. 1985. Physiology of Crop Plants. Iowa State University Press. 327 p.
- GARDNER F., P.; BRENT P., R.; MITCHELL R., L. 1990. Physiology of Crop Plants. Second Edition. Iowa State University Press. AMES. USA. pp. 98-208.
- GRAGEDA, G. J. 1999. La fertilización en hortalizas. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Centro de Investigación Regional del Noreste. Folleto Técnico No. 19. Sonora, México. 62 p.

- GUENKOV, G. 1974. Fundamentos de la Horticultura Cubana. Ed. Instituto cubano del libro. La Haba. Cuba. 355 p.
- HEDGE, D. M. 1997. Nutrient Requirements of Solanaceous Vegetables Crops. Extension Bulletin ASPAC, Food and Fertilizer Technology Center for the Asian and Pacific Region. Taipei, Taiwan. No. 441, 9. 9 p.
- HUNT, R. 1978. Plant Growth Analysis. Studies in Biology. No. 96. Edward Arnold (Publisher). London. 67 p.
- HUNT, R. 1982. Plant Growth Curves. The Functional Approach to Plant Growth Analysis. Edward Arnold (Publisher). L.T.D. London. 248 p.
- HUNT, R. 1990. Basic Growth Analysis for Beginners. Hyman L.T.D., London, UK. 112 p.
- JONES JR.; WOLF B., J.; MILLS H., A. 1991. Plant Analysis Handbook. Micro-Macro Publishing, Inc. USA. 213 p.
- LABORDE C., J. A.; POZO C., O. 1984. Presente y Pasado del Chile en México. Publicación especial No. 85. SARH-INIA. México. 80 p.
- LEDEZMA M., J. A.; RUIZ C., R. 1995. El sistema Producto Chile seco en México. Problemática económico-productiva y alternativas de solución. Avances de investigación. CRUCEN. Dirección de Centros Regionales. UACH. Zacatecas, México. 146 p.
- MARTÍNEZ-CAÑADAS M., A.; MARTÍNEZ-SÁNCHEZ J., V.; ALCARAZ F., C. 1985. Sistemática de muestreo foliar en plantas de pimiento dulce cultivadas en invernadero bajo riego localizado. II. Influencia de la posición de la hoja en la planta sobre la composición mineral. Anales de Edafología y Agrobiología. 44. (3/4): 513-527
- MENGEL K.; KIRBY E., A. 1978. Principles of Plant Nutrition. International Potash Institute. Switzerland. 593 p.

- MITHORPHE F., L.; MOORBY J. 1982. An Introduction to Crop Physiology. Cambridge University Press. 202 p.
- MORALES, G. D. 1999. Nutrición del cultivo de chile (*Capsicum annuum* L.). Dinámica nutrimental, fertirrigación nitrogenada y fertilización basal. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo. México. 145 p.
- NÚEZ V., F.; GIL R.; COSTA J. 1996. El Cultivo de Pimientos, Chiles y Ajíes. Tercera Edición. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. 607 p.
- PÉREZ G.; MARTÍNEZ L., F. 1994. Introducción a la Fisiología Vegetal. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. 102 p.
- PIGGOTT, T. J. 1988. Vegetable Crops. pp: 148-187. *In*: Plant Análisis, and Interpretation Manual. Reuter, J.D.; Robins, B. J. (eds.) Inakata Press. Melbourne, Australia.
- POZO C.; RAMÍREZ M., M. 1994. Gigante, Ébano y Paraíso, nuevas variedades de chile serrano en México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Folleto Técnico No. 10. México. 17 p.
- RESH, H. 2001. Cultivos Hidropónicos. Nuevas Técnicas de Producción. Tercera Edición. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. 369 p.
- RETA, S. D. 1986. Crecimiento y aprovechamiento de la energía solar del frijol, (*Phaseolus vulgaris* L.) en asociación con maíz (*Zea mays* L.). Tesis de Maestro en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Chapingo. México. 206 p.
- RICHARD, F. 1959. A flexible growth function empirical use. J. Exp. Bot. 10:290-300.
- ROJAS, L. 1989. Análisis de Plantas. pp. 175-190. *In*: El análisis de suelos, plantas y aguas para riego. Manual de Asistencia Técnica Núm. 47. Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). Programa Nacional de Suelos. Ed. Arte e Impresión ICA. Bogotá, Colombia.

SALISBURY F., B.; ROSS C., W. 1994. Fisiología Vegetal. Ed. Iberoamérica S.A de C.V. D.F., México.
759 p.

SAS, 1999. SAS/STAT User's Guide: Statistics. Versión 8th. Ed. SAS institute, Inc. Cary, N.C. 956 p.

SIEA–SAGARPA. 2002. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola de los Estados Unidos Mexicanos. México.

SAGARPA. 2003. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola de los Estados Unidos Mexicanos 1995-2003. México.

SILVORI M., E.; MONTALDI R., E. 1980. Fisiología Vegetal. Ed. Hemisferio sur S.A. Buenos Aires, Argentina. 106 p.

STEINER, A. 1961. A Universal Method for Preparing Nutrient Solutions of a Certain Desired Composition. Horticultural Experiment Station, Naaldwijk, Netherlands. Reprint from Plant and Soil. XV(1961): 134-154.

STEINER, A. 1984. The Universal Nutrient Solution. pp. 633–649. *In*: Proceedings of the 6th International Congress on Soils Culture. ISOSC. Wageningen, The Netherlands.

TANAKA, A.; JUNICHI, Y. 1972. Producción de materia seca y componentes del rendimiento de grano en maíz. Traducido por J. Kohashi. Colegio de Postgraduados, Chapingo. México.

WILD, A. 1992. Condiciones del Suelo y Desarrollo de las Plantas. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España.
1045 p.

IX. Anexo

CUADRO 1A. Análisis de varianza para altura de planta, diámetro de tallo y número de bifurcaciones del tallo principal en plantas de chile poblano var. Caballero, en cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner. Chapingo, México. 2005.

FV	GL	Días después del trasplante ^z									
		15	30	45	60	75	90	105	120	135	
----- Altura de planta (cm) -----											
Tratamiento	3	1.42 ^{NS}	17.44 ^{NS}	7.22 ^{NS}	35.85 ^{NS}	96.97 ^{NS}	222.58 ^{NS}	5.89 ^{NS}	176.22 ^{NS}	332.97 ^{NS}	
Bloque	2	0.25 ^{NS}	105.08 ^{NS}	11.08 ^{NS}	12.25 ^{NS}	5.33 ^{NS}	102.00 ^{NS}	144.08 ^{NS}	387.58 ^{NS}	93.08 ^{NS}	
Error	6	4.58	40.53	18.31	23.03	110.89	116.92	4.97	113.47	156.30	
Total	11										
CV		8.65	14.52	6.37	4.88	9.61	8.89	1.80	8.15	9.02	
----- Diámetro de tallo (cm) -----											
Tratamiento	3	0.002 ^{NS}	0.003 ^{NS}	0.003 ^{NS}	0.001 ^{NS}	0.016 ^{NS}	0.016 ^{NS}	0.007 ^{NS}	0.003 ^{NS}	0.016 ^{NS}	
Bloque	2	0.003 ^{NS}	0.001 ^{NS}	0.006 ^{NS}	0.003 ^{NS}	0.040 ^{NS}	0.016 ^{NS}	0.013 ^{NS}	0.001 ^{NS}	0.023	
Error	6	0.001	0.006	0.001	0.003	0.006	0.011	0.010	0.010	0.006	
Total	11										
CV		12.42	14.76	5.26	5.13	6.34	8.96	8.39	7.84	5.35	
----- Número de bifurcaciones -----											
Tratamiento	3	-	0.08 ^{NS}	0	0.44 ^{NS}	0.97*	0.53 ^{NS}	0.31 ^{NS}	0.75 ^{NS}	1.64 ^{NS}	
Bloque	2	-	0.75 ^{NS}	0	0.08 ^{NS}	0.33 ^{NS}	1.58 ^{NS}	1.75 ^{NS}	2.08 ^{NS}	2.33 ^{NS}	
Error	6	-	0.08	0	0.19	0.22	1.69	0.64	1.42	0.56	
Total	11										
CV		-	12.83	0	7.78	6.82	15.47	8.64	11.43	6.72	

^zValores de cuadrados medios; 0: No existió varianza debido a igual número de bifurcaciones en los tratamientos; FV: fuente de variación; GL: grados de libertad; CV: coeficiente de variación; NS: No significativo y significativo a una P ≤ 0.05.

CUADRO 2A. Análisis de varianza para número de hojas y área foliar en plantas de chile poblano var. Caballero, en cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner. Chapingo, México. 2005.

FV	GL	Días después del trasplante ^z								
		15	30	45	60	75	90	105	120	135

		Número de hojas								
Tratamiento	3	2.7 ^{NS}	7.2 ^{NS}	53.9 ^{NS}	1069.9 ^{NS}	1392.2*	1899.6 ^{NS}	6566.6 ^{NS}	762.9 ^{NS}	18802
Bloque	2	0.3 ^{NS}	12.3 ^{NS}	86.3 ^{NS}	1048.6 ^{NS}	2214.3 ^{NS}	36.8 ^{NS}	1471.6 ^{NS}	1674.1 ^{NS}	46781.6 ^{NS}
Error	6	2.6	3.7	13.1	761.7	247.2	583.6	5657.5	4623.3	1222.3
Total	11									
CV		13.4	7.3	7.3	19.4	8.2	10.7	25.3	23.2	8.6

		Área foliar (cm²)								
Tratamiento	3	114.3 ^{NS}	991.2 ^{NS}	14325.9 ^{NS}	992933.1 ^{NS}	1879842.2 ^{NS}	4864941.7*	5358514.9 ^{NS}	2972002.5 ^{NS}	4729678.3*
Bloque	2	3.3 ^{NS}	337.8 ^{NS}	47322.8 ^{NS}	302424.9 ^{NS}	1656940.7 ^{NS}	1170039.8 ^{NS}	480144.9 ^{NS}	1626131.8 ^{NS}	4677468.8 ^{NS}
Error	6	121.3	3939.6	16612.5	229214.8	496346.2	856756.1	1696275.6	764275	559122.4
Total	11									
CV		17.9	18.4	11.8	14.8	13.9	15.6	19.8	12.2	9.66

^zValores de cuadrados medios; FV:fuente de variación; GL:grados de libertad; CV:coeficiente de variación; NS*,:No significativo y significativo a una P≤0.05.

CUADRO 3A. Análisis de varianza por calidad, número de frutos total por planta e índice de cosecha, en el cultivo de chile poblano var. Caballero, en cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner. Chapingo, México. 2005.

FV	GL	Rendimiento					
		1 ^a	2 ^a	3 ^a	NC	TOT	IC
Tratamiento	3	9.42 ^{NS}	20.31 ^{NS}	21.42 ^{NS}	4.47 ^{NS}	119.78 ^{NS}	0.0019 ^{NS}
Bloque	2	16.75 ^{NS}	0.58 ^{NS}	5.08 ^{NS}	0.62 ^{NS}	72.33 ^{NS}	0.0029 ^{NS}
Error	6	17.75	11.47	26.08	1.65	32.11	0.0012
Total	11						

FV:fuelle de variación; GL:grados de libertad; 1^a:Frutos de primera; 2^a:Frutos de segunda; 3^a:Frutos de tercera; NC:Frutos no comerciales; TOT:Rendimiento total en número de frutos; IC:índice de cosecha; ^{NS},*:No significativo y significativo a una $P \leq 0.05$.

CUADRO 4A. Análisis de varianza para peso promedio y peso fresco total de fruto, en plantas de chile poblano var. Caballero, en cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner. Chapingo, México. 2005.

FV	GL	Cortes ^z				
		1	2	3	4	5
----- Peso promedio de fruto (g) -----						
Tratamiento	3	23.88 ^{NS}	12.22 ^{NS}	77.80 ^{NS}	140.79**	22.51 ^{NS}
Bloque	2	42.85 ^{NS}	53.32 ^{NS}	34.00 ^{NS}	11.47 ^{NS}	19.53 ^{NS}
Error	6	27.94	102.40	87.64	12.26	94.38
Total	11					
----- Peso fresco total de fruto (g) -----						
Tratamiento	3	2113.89 ^{NS}	15763.53 ^{NS}	21695.73 ^{NS}	184012.6 ^{NS}	331072.9 ^{NS}
Bloque	2	22731.45 ^{NS}	50015.50 ^{NS}	14316.98 ^{NS}	35132.52 ^{NS}	179704.7 ^{NS}
Error	6	9858.82	52446.90	50970.86	100812.57	77144.32
Total	11					

^zValores de cuadrados medios; FV:fuelle de variación; GL:grados de libertad; ^{NS},**:No significativo y significativo a una $P \leq 0.01$.

CUADRO 5A. Análisis de varianza para longitud, volumen y ancho de fruto en plantas de chile poblano var. Caballero, en cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner. Chapingo, México. 2005.

FV	GL	Cortes ^z				
		1	2	3	4	5
----- Longitud de fruto (cm) -----						
Tratamiento	3	1.39 ^{NS}	0.31 ^{NS}	5.96 ^{NS}	1.88*	0.43 ^{NS}
Bloque	2	0.04 ^{NS}	1.75 ^{NS}	13.32 ^{NS}	0.53 ^{NS}	0.04 ^{NS}
Error	6	0.893	0.64	5.86	0.39	0.57
Total	11					
----- Volumen de fruto (ml) -----						
Tratamiento	3	176.39 ^{NS}	30.33 ^{NS}	163.23 ^{NS}	453.75 ^{NS}	279.56 ^{NS}
Bloque	2	2.64 ^{NS}	597.85 ^{NS}	129.16 ^{NS}	37.11 ^{NS}	62.03 ^{NS}
Error	6	162.42	462.57	282.23	157.63	303.51
Total	11					
----- Ancho de fruto (cm) -----						
Tratamiento	3	0.09 ^{NS}	0.06 ^{NS}	0.12 ^{NS}	0.15*	0.05 ^{NS}
Bloque	2	0.04 ^{NS}	0.11 ^{NS}	0.03 ^{NS}	0.10 ^{NS}	0.03 ^{NS}
Error	6	0.13	0.13	0.09	0.03	0.22
Total	11					

^zValores de cuadrados medios; FV:f fuente de variación; GL:grados de libertad; ^{NS},*:No significativo y significativo a una $P \leq 0.05$.

CUADRO 6A. Comportamiento de los tratamientos evaluados en ancho de fruto (cm), en plantas de chile poblano var. Caballero, en cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner. Chapingo, México. 2005.

Tratamientos	Cortes ^z				
	1	2	3	4	5
----- Ancho de fruto (cm) -----					
50%	3.75a	4.53a	4.59a	5.15ab	4.94a
75%	3.91a	4.27a	4.79a	5.28a	5.10a
100%	4.13a	4.20a	5.08a	4.78b	4.98a
125%	4.11a	4.27a	4.80a	5.19ab	4.80a
CV	9.13	8.40	6.19	3.24	9.52
DMS	1.03	1.02	0.84	0.47	1.33

^zValores con la misma letra en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey con una $P \leq 0.05$; CV:Coeficiente de variación; DMS:Diferencia mínima significativa.

CUADRO 7A. Análisis de Correlación en los tratamientos 1 y 2 para los caracteres evaluados en plantas de chile poblano var. Caballero, en cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner. Chapingo, México. 2005.

		T1											
		AP	DT	NF	NBT	NH	AFTOT	PFF	PSH	PST	PSF	PSTOT	IC
T2	AP		0.97**	0.71**	0.95**	0.88**	0.94**	0.88**	0.87**	0.86**	0.87**	0.83**	0.69**
	DT	0.96**		0.52*	0.89**	0.91**	0.96**	0.80**	0.88**	0.89**	0.82**	0.84**	0.34
	NF	0.64**	0.75**		0.56*	0.44	0.63**	0.61**	0.65*	0.59**	0.55*	0.59*	0.12
	NBT	0.97**	0.90**	0.63**		0.93**	0.96**	0.93**	0.94**	0.91**	0.93**	0.93**	0.79**
	NH	0.89**	0.91**	0.62**	0.88**		0.97**	0.88**	0.97**	0.98**	0.91**	0.96**	0.57*
	AFTOT	0.94**	0.94**	0.86**	0.93**	0.96**		0.92**	0.96**	0.95**	0.93**	0.94**	0.61**
	PFF	0.70**	0.85**	0.69**	0.81**	0.88**	0.89**		0.95**	0.90**	0.99**	0.97**	0.84**
	PSH	0.83**	0.86**	0.77**	0.87**	0.96**	0.93**	0.95**		0.99**	0.96**	0.99**	0.68**
	PST	0.84**	0.88**	0.75**	0.86**	0.96**	0.94**	0.91**	0.99**		0.92**	0.98**	0.51
	PSF	0.74**	0.78**	0.63**	0.87**	0.86**	0.83**	0.98**	0.93**	0.88**		0.99**	0.85**
	PSTOT	0.78**	0.81**	0.69**	0.87**	0.93**	0.89**	0.98**	0.98**	0.96**	0.99**		0.76**
	IC	0.44	0.33	0.11	0.70	0.48	0.40	0.72**	0.55*	0.38	0.82**	0.73**	

AP:altura de planta, DT:diámetro de tallo, NF:número de frutos, NBT:número de bifurcaciones del tallo principal, NH:número de hojas, AFTOT:área foliar total, PFF:peso fresco de fruto, PSH:peso seco de hoja, PST:peso seco de tallo, PSF:peso seco de fruto, PSTOT:peso seco total, IC:índice de cosecha.

CUADRO 8A. Análisis de Correlación en los tratamientos 3 y 4 para los caracteres evaluados, en plantas de chile poblano var. Caballero, en cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner. Chapingo, México. 2005.

		T3											
		AP	DT	NF	NBT	NH	AFTOT	PFF	PSH	PST	PSF	PSTOT	IC
T4	AP		0.97**	0.59**	0.48*	0.92**	0.96**	0.69**	0.88**	0.88**	0.63**	0.81**	0.23
	DT	0.97**		0.78**	0.44*	0.92**	0.95**	0.74**	0.87**	0.88**	0.73**	0.81**	0.33
	NF	0.75**	0.81**		0.07	0.62**	0.81**	0.72**	0.66**	0.63**	0.67**	0.68**	0.61*
	NBT	0.96**	0.89**	0.69**		0.53**	0.41*	0.30	0.55**	0.58**	0.25	0.45*	-0.02
	NH	0.86**	0.86**	0.73**	0.85**		0.97**	0.69**	0.94**	0.94**	0.66**	0.88**	0.34
	AFTOT	0.93**	0.94**	0.81**	0.94**	0.94**		0.78**	0.93**	0.93**	0.74**	0.88**	0.48
	PFF	0.91**	0.70**	0.71**	0.93**	0.86**	0.86**		0.90**	0.86**	0.98**	0.97**	0.92**
	PSH	0.87**	0.87**	0.81**	0.91**	0.96**	0.96**	0.95**		1.00**	0.90**	0.98**	0.62*
	PST	0.88**	0.89**	0.84**	0.90**	0.96**	0.95**	0.92**	0.99**		0.87**	0.97**	0.54*
	PSF	0.89**	0.70**	0.69**	0.89**	0.87**	0.83**	0.99**	0.95**	0.92**		0.99**	0.90**
	PSTOT	0.81**	0.80**	0.75**	0.89**	0.94**	0.90**	0.98**	0.98**	0.97**	0.99**		0.83**
	IC	0.74**	0.23	0.36	0.86**	0.61**	0.65**	0.90**	0.78**	0.69**	0.89**	0.85**	

AP:altura de planta, DT:diámetro de tallo, NF:número de frutos, NBT:número de bifurcaciones del tallo principal, NH:número de hojas, AFTOT:área foliar total, PFF:peso fresco de fruto, PSH:peso seco de hoja, PST:peso seco de tallo, PSF:peso seco de fruto, PSTOT:peso seco total, IC:índice de cosecha.

CUADRO 9A. Análisis de varianza de peso seco de hoja, tallo, fruto y total en plantas de chile poblano var. Caballero, en cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner. Chapingo, México. 2005.

FV	GL	Días después del trasplante ^z								
		15	30	45	60	75	90	105	120	135
Hoja (g)										
Tratamiento	3	4 x 10 ⁻⁴ NS	1.14*	1.18NS	1.15NS	34.36NS	47.09NS	95.93NS	63.75NS	224.91**
Bloque	2	3 x 10 ⁻⁵ NS	0.02NS	0.43NS	0.18NS	40.12NS	65.71NS	25.74NS	26.71NS	228.46ns
Error	6	6 x 10 ⁻⁴	0.17	0.38	0.38	8.98	10.00	47.17	22.69	22.95
Total	11									
CV		11.12	11.29	14.71	8.41	13.50	10.55	17.59	11.29	8.43
Tallo (g)										
Tratamiento	3	2 x 10 ⁻⁴ NS	6.80**	1.07NS	6.30NS	56.62NS	142.14NS	250.91NS	102.56NS	357.48*
Bloque	2	2 x 10 ⁻⁴ NS	0.20NS	2.08NS	4.82NS	113.79NS	310.01NS	33.91NS	158.92NS	717.84ns
Error	6	0.0019	0.46	0.74	2.70	34.03	42.67	107.88	56.27	54.83
Total	11									
CV		24.26	10.53	11.03	12.09	16.51	14.57	19.19	13.15	8.68
Fruto (g)										
Tratamiento	3	-	-	-	0.40NS	13.09NS	142.14NS	479.06NS	2613.30*	62.06ns
Bloque	2	-	-	-	0.54NS	35.06NS	310.01NS	63.54NS	640.94NS	1808.63ns
Error	6	-	-	-	0.39	37.25	42.67	449.46	498.06	1492.16
Total	11									
CV		-	-	-	27.86	22.33	14.57	16.43	13.70	19.79
Total (g)										
Tratamiento	3	9 x 10 ⁻⁴ NS	12.56**	3.17NS	13.25NS	192.99NS	754.35NS	1866.43NS	4700.78*	12585.98*
Bloque	2	1 x 10 ⁻⁴ NS	0.28NS	3.03NS	5.66NS	514.45NS	1270.79NS	145.53NS	1841.21NS	5756.78ns
Error	6	0.0043	0.36	1.84	6.87	148.73	706.73	1184.80	1003.43	2410.53
Total	11									
CV		16.23	5.95	11.39	11.28	14.38	19.24	15.49	12.09	14.55

^zValores de cuadrados medios; FV:fuente de variación; GL:grados de libertad; CV:Coeficiente de variación; NS,*,**,;No significativo y significativo a una P≤0.05 y 0.01, respectivamente.

CUADRO 10A. Análisis de varianza del contenido y extracción de N y P en plantas de chile poblano var. Caballero, en cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner. Chapingo, México. 2005.

FV	GL	Días después del trasplante ^z									
		0	15	30	45	60	75	90	105	120	135

Tratamiento	3	-	0.75**	0.07NS	0.11NS	0.33**	0.25NS	0.18NS	0.05*	0.02NS	0.07NS
Bloque	2	-	0.01NS	0.14NS	0.12NS	0.03NS	0.04NS	0.04NS	0.03NS	0.01NS	0.07NS
Error	6	-	0.08	0.05	0.03	0.03	0.09	0.14	0.01	0.004	0.02
Total	11										
CV		-	8.16	6.02	4.59	5.08	10.79	12.99	3.88	2.88	7.08

Extracción de N (g/planta ⁻¹)											
Tratamiento	3	2 x10 ⁻⁵ NS	2 x10 ⁻⁵ NS	0.016*	0.011NS	0.032*	0.579NS	1.541NS	1.129NS	3.153NS	6.306*
Bloque	2	1 x10 ⁻⁵ NS	1 x10 ⁻⁵ NS	0.002NS	0.002NS	0.005NS	0.540NS	1.598NS	0.425NS	1.235NS	2.704NS
Error	6	1 x10 ⁻⁵	1 x10 ⁻⁵	0.002	0.004	0.006	0.178	0.850	0.786	0.695	1.013
Total	11										
CV		38.61	18.49	11.55	13.66	9.84	17.28	23.41	16.29	14.455	14.23

Contenido de P (%)											
Tratamiento	3	-	0.08*	0.01NS	0.07*	0.03NS	0.02NS	0.005NS	5 x10 ⁻⁴ NS	0.0068NS	0.0121*
Bloque	2	-	0.01NS	0.01NS	0.002NS	0.004NS	0.005NS	0.002NS	1 x10 ⁻⁵ NS	9x10 ⁻⁴ NS	0.0046NS
Error	6	-	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.003	0.0049	0.0026	0.0017
Total	11										
CV		-	28.90	26.18	16.00	16.27	20.56	12.78	22.33	17.77	18.94

Extracción de P (g/planta ⁻¹)											
Tratamiento	3	8.56 NS	1.24*	8 x10 ⁻⁴ NS	0.0016**	9 x10 ⁻⁴ NS	0.0249*	0.0389NS	0.0297NS	0.0214NS	0.2845*
Bloque	2	3.08 NS	1.11NS	1 x10 ⁻⁴ NS	4 x10 ⁻⁵ NS	7 x10 ⁻⁴ NS	0.0190NS	0.0191NS	4x10 ⁻⁴ NS	0.0522NS	0.1425NS
Error	6	3.31	1.29	2 x10 ⁻⁴	0.0001	9 x10 ⁻⁴	0.0045	0.0088	0.0099	0.0111	0.0407
Total	11										
CV		35.19	20.69	23.99	15.64	22.72	18.25	16.12	14.47	14.39	26.31

^zValores de cuadrados medios; -No existió varianza debido a muestra única sin repeticiones; FV:fuelle de variación; GL:grados de libertad; CV:Coeficiente de variación; NS, *, **, :No significativo y significativo a una P≤0.05 y 0.01, respectivamente.

CUADRO 11A. Análisis de varianza del contenido y extracción de K y Ca en plantas de chile poblano var. Caballero, en cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner. Chapingo, México. 2005.

FV	GL	Días después del trasplante ^z									
		0	15	30	45	60	75	90	105	120	135
----- Contenido de K (%) -----											
Tratamiento	3	-	1.04*	0.89NS	0.66NS	0.24NS	0.16NS	0.07NS	0.18NS	0.39*	0.78*
Bloque	2	-	0.42NS	0.64NS	0.01NS	0.04NS	0.77NS	0.08NS	0.03NS	0.19NS	0.46NS
Error	6	-	0.24	0.35	0.35	0.11	0.44	0.04	0.11	0.06	0.11
Total	11	-	15.81	17.01	17.50	9.61	22.30	7.40	13.67	10.75	15.83
CV											
----- Extracción de K (g.planta ⁻¹) -----											
Tratamiento	3	3 x10 ⁻⁵ NS	2 x10 ⁻⁵ NS	0.0224*	0.0098NS	0.0192NS	0.3658NS	0.1539NS	1.9241NS	2.3876NS	14.2365NS
Bloque	2	1 x10 ⁻⁵ NS	1 x10 ⁻⁵ NS	0.0130NS	0.0028NS	0.0120NS	1.7193NS	0.3969NS	0.1130NS	4.3288NS	12.7472NS
Error	6	1 x10 ⁻⁵	1 x10 ⁻⁵	0.0047	0.0040	0.0216	0.2533	0.4136	0.8457	1.0307	2.7513
Total	11	38.40	21.89	19.69	15.95	18.37	19.65	17.78	17.44	17.36	23.31
CV											
----- Contenido de Ca (%) -----											
Tratamiento	3	-	0.13NS	0.06NS	0.19*	0.13NS	0.18NS	0.01NS	0.08NS	0.14NS	0.11NS
Bloque	2	-	0.17NS	0.05NS	0.13NS	0.05NS	0.11NS	0.02NS	0.01NS	0.01NS	0.28NS
Error	6	-	0.04	0.10	0.03	0.04	0.06	0.02	0.04	0.04	0.08
Total	11	-	18.18	25.03	11.80	13.43	23.66	10.57	15.65	14.52	25.04
CV											
----- Extracción de Ca (g.planta ⁻¹) -----											
Tratamiento	3	2 x10 ⁻⁶ NS	2 x10 ⁻⁶ NS	4.5 x10 ⁻³ *	5.5 x10 ⁻³ *	3.4 x10 ⁻³ NS	0.2041*	0.1266NS	0.2749NS	1.1298*	2.5302NS
Bloque	2	8 x10 ⁻⁷ NS	4 x10 ⁻⁶ NS	3 x10 ⁻⁴ NS	5 x10 ⁻⁴ NS	6.1 x10 ⁻³ NS	0.2179NS	0.1725NS	0.0949NS	0.7654NS	6.3907NS
Error	6	1 x10 ⁻⁶	2 x10 ⁻⁶	8 x10 ⁻⁴	7 x10 ⁻⁴	4.7 x10 ⁻³	0.0393	0.0716	0.3024	0.2154	1.6091
Total	11	39.25	29.30	21.69	16.31	20.52	21.36	15.70	20.39	13.89	31.97
CV											

^zValores de cuadrados medios; -:No existió varianza debido a muestra única sin repeticiones; FV:fuente de variación; GL:grados de libertad; CV:Coeficiente de variación; NS *.:No significativo y significativo a una P≤0.05.

CUADRO 12A. Análisis de varianza del contenido y extracción de Mg, en plantas de chile poblano var. Caballero, en cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner. Chapingo, México. 2005.

FV	GL	Días después del trasplante ^z									
		0	15	30	45	60	75	90	105	120	135
----- Contenido de Mg (%) -----											
Tratamiento	3	-	0.08 ^{NS}	0.07 ^{NS}	0.01 ^{NS}	4x10 ^{-3NS}	0.01 ^{NS}	2x10 ^{-3NS}	8.01x10 ^{-3NS}	0.017 ^{NS}	
Bloque	2	-	0.06 ^{NS}	0.09 ^{NS}	0.02 ^{NS}	6x10 ^{-3NS}	0.02 ^{NS}	2x10 ^{-3NS}	1x10 ^{-5NS}	0.021 ^{NS}	
Error	6	-	0.03	0.07	0.01	3x10 ⁻³	0.01	3x10 ⁻³	0.00578	8x10 ⁻³	
Total	11										
CV		-	17.33	35.53	10.95	9.05	24.28	11.31	16.28	22.74	
----- Extracción de Mg (g·planta⁻¹) -----											
Tratamiento	3	7 x10 ^{-6NS}	2 x10 ^{-6NS}	2.4 x10 ^{-4NS}	5.5 x10 ^{-4*}	8x10 ^{-5NS}	0.019 ^{NS}	0.0053 ^{NS}	0.0142 ^{NS}	0.1663*	
Bloque	2	2 x10 ^{-6NS}	1 x10 ^{-6NS}	9.4 x10 ^{-4NS}	6x10 ^{-5NS}	9.2x10 ⁻⁴	0.042 ^{NS}	0.0121 ^{NS}	0.0025 ^{NS}	0.1231 ^{NS}	
Error	6	3 x10 ⁻⁶	1 x10 ⁻⁶	6 x10 ⁻⁴	9x10 ⁻⁵	4.3x10 ⁻⁴	0.006	0.0126	0.0358	0.0292	
Total	11										
CV		38.80	25.41	34.97	11.55	15.21	19.23	17.66	18.51	14.94	

^zValores de cuadrados medios; - : No existió varianza debido a muestra única sin repeticiones; FV: fuente de variación; GL: grados de libertad; CV: Coeficiente de variación; NS *: No significativo y significativo a una P≤0.05.

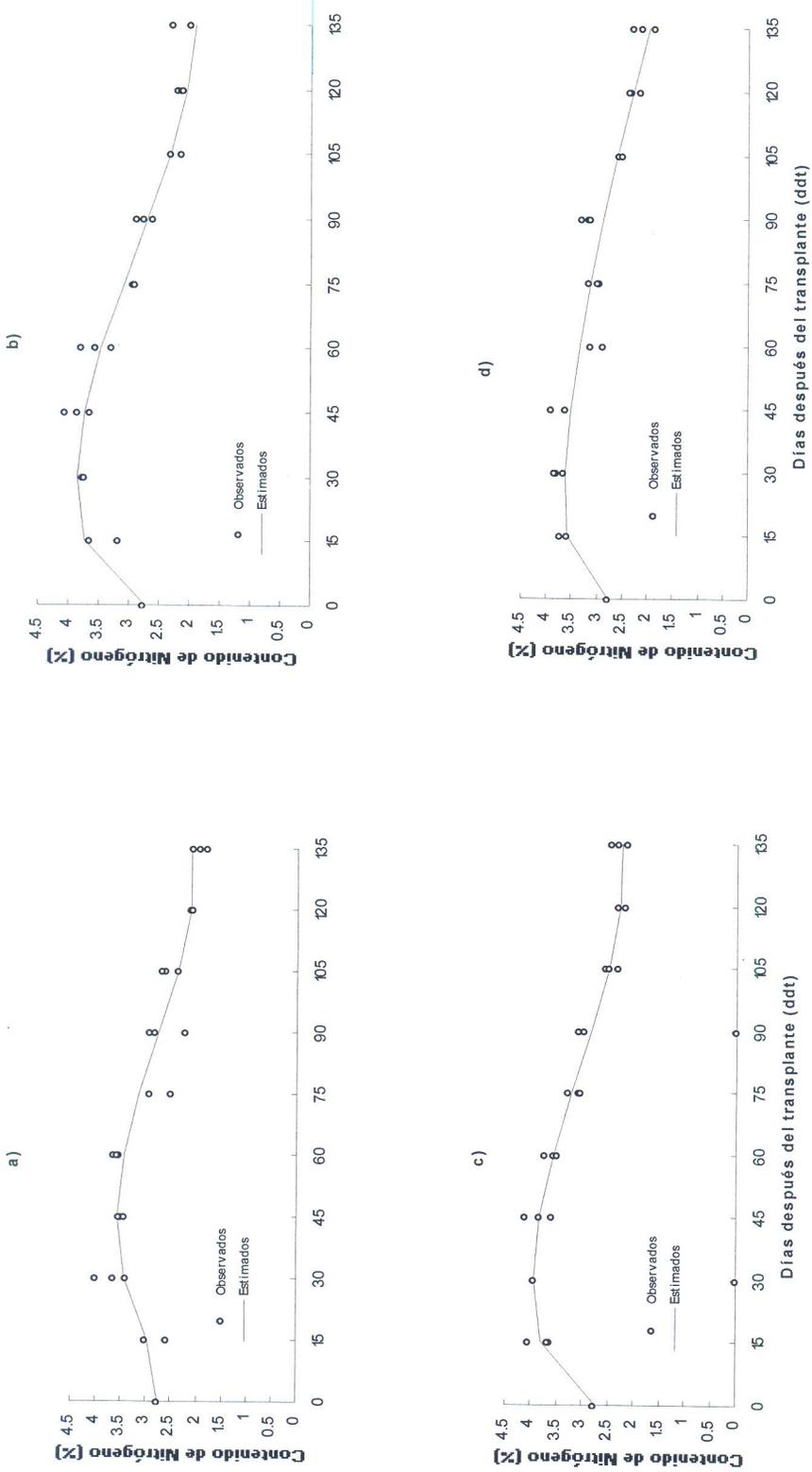


FIGURA 1A. Contenido de nitrógeno en a) 50 %, b) 75 %, c) 100 %, y d) 125 % de concentración de la solución nutritiva de Steiner, durante el ciclo del cultivo de chile poblano var. Caballero. Chapingo, México. 2005.

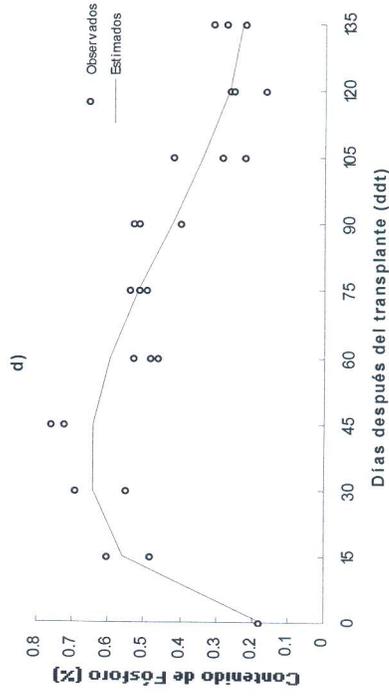
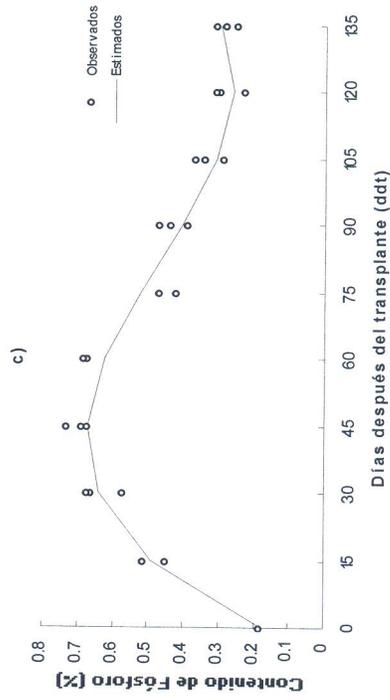
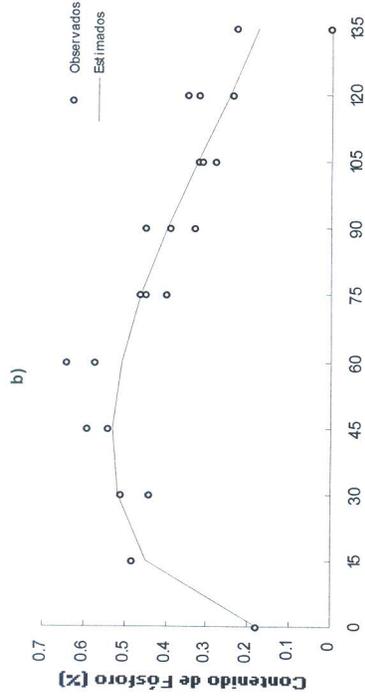
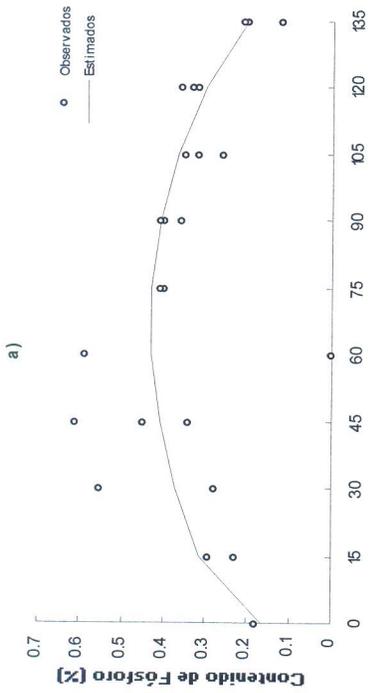


FIGURA 2A. Contenido de fósforo en a) 50 %, b) 75 %, c) 100 %, y d) 125 % de concentración de la solución nutritiva de Steiner, durante el ciclo del cultivo de chile poblano var. Caballero. Chapingo, México. 2005.

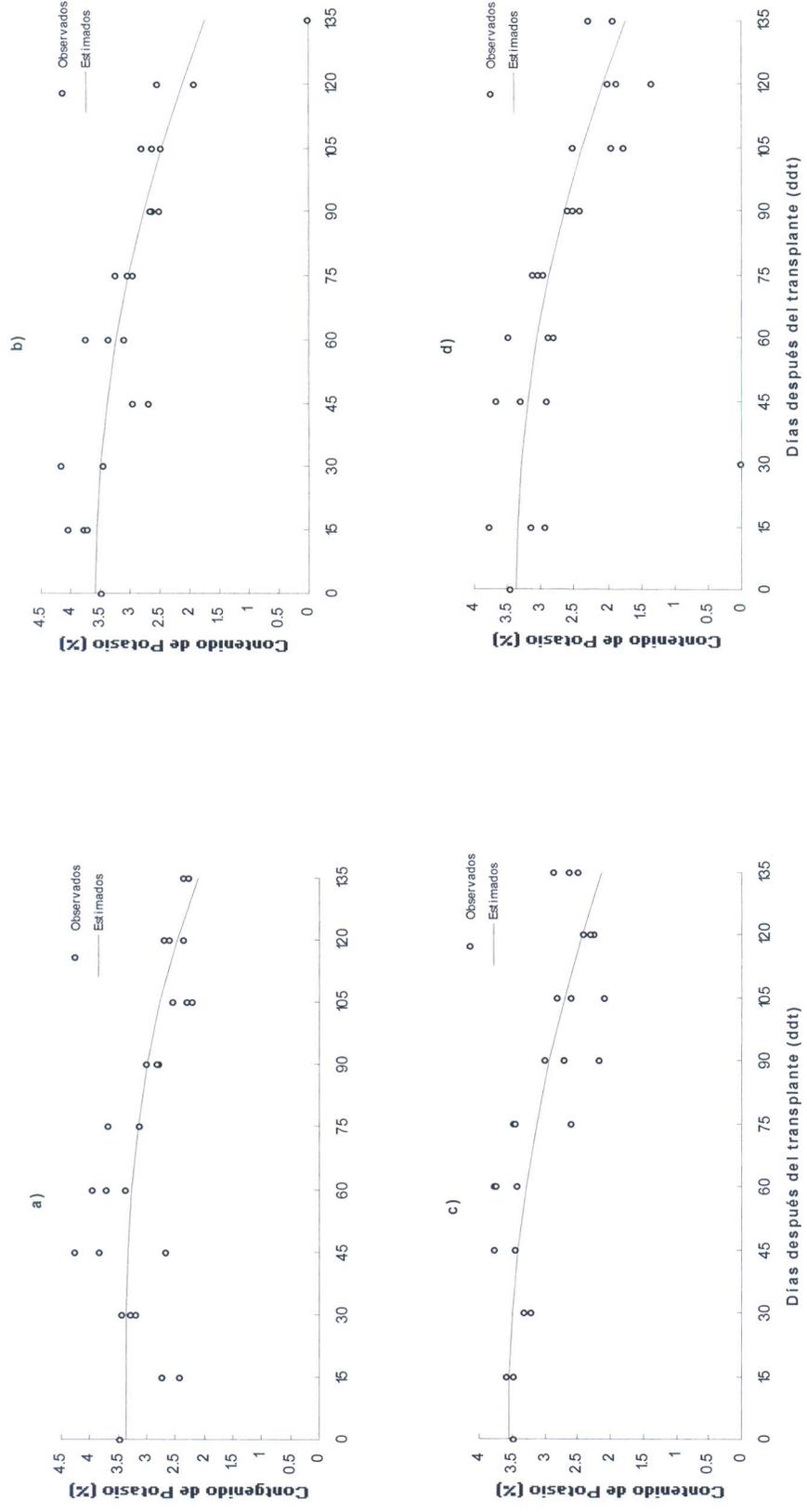


FIGURA 3A. Contenido de potasio en a) 50 %, b) 75 %, c) 100 %, y d) 125 % de concentración de la solución nutritiva de Steiner, durante el ciclo del cultivo de chile poblano var. Caballero. Chapingo, México. 2005.

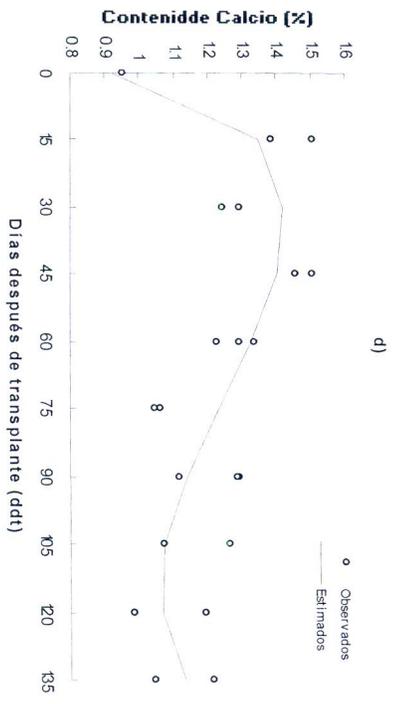
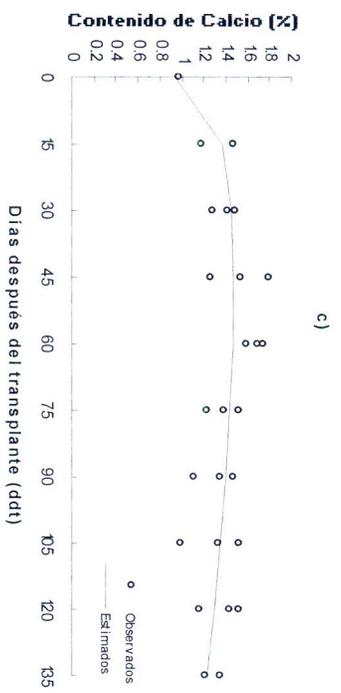
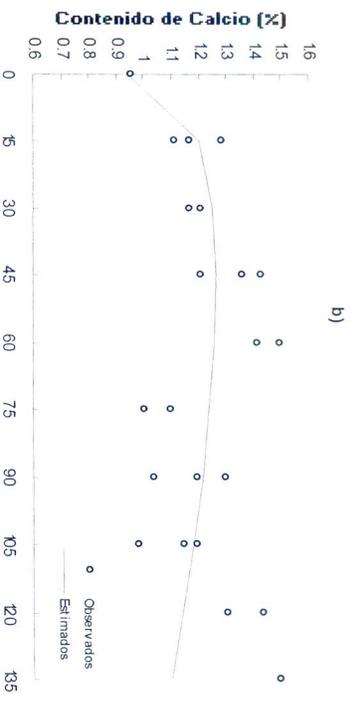
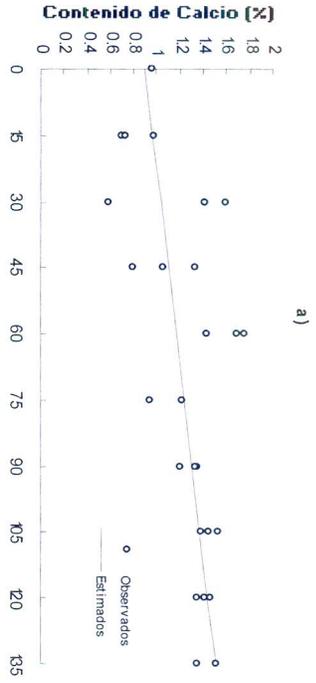


FIGURA 4A. Contenido de calcio en a) 50 %, b) 75 %, c) 100 %, y d) 125 % de concentración de la solución nutritiva de Steiner, durante el ciclo del cultivo de chile poblano var. Caballero. Chapingo, México. 2005.

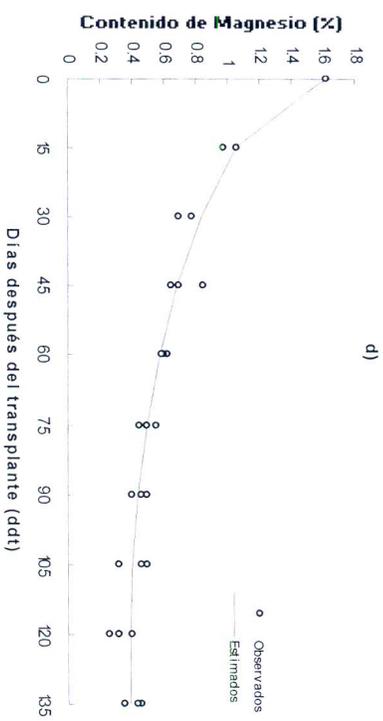
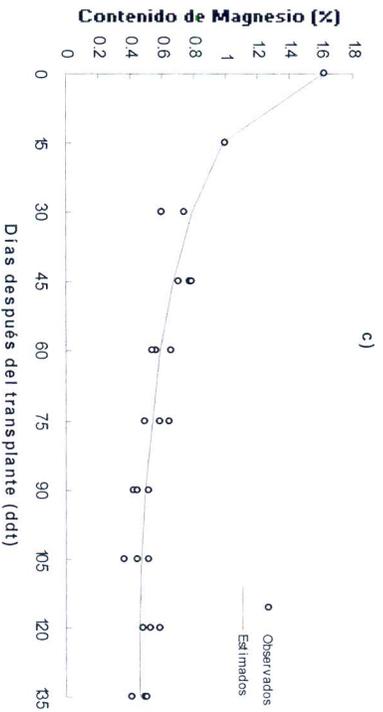
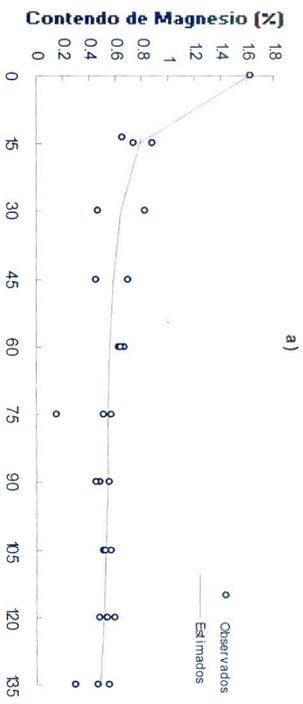


FIGURA 5A. Contenido de magnesio en a) 50 %, b) 75 %, c) 100 %, y d) 125 % de concentración de la solución nutritiva de Steiner, durante el ciclo del cultivo de chile poblano var. Caballero. Chapingo, México. 2005.